ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1972 N° 59

LE FER-BLANC DANS LA CONSERVE ALIMENTAIRE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Diplôme d'Etat

Présentée et soutenue publiquement en mai 1972

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

CANCÈS (Georges, Jacques)

Né le 1er août 1945 à Carpentras (Vaucluse)

Jury :

Président : M. ROUX, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. LABIE, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse
M. FALIU, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse

TOULOUSE
IMPRIMERIE TOULOUSAINE Vve LION
16, RUE LAKANAL, 16
1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546526_0047

LE FER-BLANC
DANS LA CONSERVE ALIMENTAIRE

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1972 N° 59

LE FER-BLANC DANS LA CONSERVE ALIMENTAIRE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Diplôme d'Etat

Présentée et soutenue publiquement en mai 1972

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

CANCÈS (Georges, Jacques)

Né le 1er août 1945 à Carpentras (Vaucluse)

Jury :

Président : M. ROUX, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. LABIE, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse
M. FALIU, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse

TOULOUSE
IMPRIMERIE TOULOUSAINE Vve LION
16, RUE LAKANAL, 16
1972

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Directeur . . . . . MM. FLORIO.
Directeurs honoraires . . . . . PONS.
DARRASPEN.
Professeur honoraire . . . . . LOMBARD.

PERSONNEL ENSEIGNANT

Chaire de Pharmacie-Toxicologie.
— Professeur titulaire . . . . . GODFRAIN.
— Maître-Assistant . . . . . Mme BURGAT-SACAZE.
Pharmacie - Toxicologie.

Chaire de Physique-Chimie biologiques et médicales.
— Professeur titulaire . . . . . MM. RICO.
Physique biologique et médicale. Chimie biologique et médicale.

Chaire d'Anatomie des Animaux domestiques.
— Professeur titulaire . . . . . PAVAUX.
Anatomie descriptive. Extérieur. Anatomie appliquée. Tératologie.

Chaire de Physiologie - Thérapeutique.
— Professeur titulaire. . . . . RUCKEBUSCH.
— Maître-Assistant Agrégé . . . . . FARGEAS.
Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie.

Chaire d'Histologie - Anatomie pathologique.
— Professeur titulaire. . . . . VAN HAVERBEKE.
— Professeur sans chaire. . . . . CABANIÉ.
— Maître-Assistant . . . . . MAGNOL.
Histologie - Embryologie - Anatomie pathologique.

Chaire d'Hygiène et Industrie des aliments d'origine animale.
— Professeur titulaire . . . . . LABIE.
— Maître-Assistant . . . . . EECKHOUTTE.
Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie des denrées alimentaires d'origine animale.

Chaire de Parasitologie et Maladies parasitaires.
— Professeur titulaire . . . . . BRIZARD.
— Maître-Assistant Agrégé . . . . . DORCHIES.
Zoologie appliquée. Parasitol. externe. Parasitol. interne. Clinique.

Chaire de Sémiologie et Pathologie médicale des équidés et carnivores.
— Professeur titulaire . . . . . FLORIO.
— Professeur sans chaire. . . . . LESCURE.
— Maître-Assistant . . . . . GUELFI.
Sémiologie et Pathologie médicale des équidés et des carnivores. Législation vétérinaire et Déontologie. Clinique.

Chaire de Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour.
— Professeur titulaire . . . . . TOURNUT.
— Professeur sans chaire. . . . . ESPINASSE.
— Maître-Assistant . . . . . BÉZILLE.
Sémiologie et Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour. Clinique. Clinique ambulatoire.

Chaire de Pathologie chirurgicale.
— Professeur titulaire . . . . . CAZIEUX.
Propédeutique et Sémiologie chir. Technique chir. Pathologie chir.

Chaire de Pathologie de la Reproduction.
— Professeur titulaire . . . . . BERTHELON.
— Professeur sans chaire. . . . . ROYAL.
Sémiologie et Propédeutique. Pathologie de la reproduction. Obstétrique. Clinique.

Chaire de Maladies contagieuses. Zoonoses. Législation sanitaire.
— Professeur titulaire . . . . . SAURAT.
— Maître-Assistant Agrégé . . . . . CHANTAL.
Maladies contagieuses. Zoonoses. Législation sanitaire.

Chaire de Pathologie générale. Microbiologie. Immunologie.
— Professeur titulaire . . . . . LAUTIÉ.
— Maître-Assistant . . . . . MEIGNIER.
Microbiologie. Immunologie. Pathologie générale.

Chaire de Zootechnie et d'Economie rurale.
— Professeur titulaire . . . . . QUEINNEC.
— Maître-Assistant . . . . . DARRÉ.
Ethnologie. Génétique appliquée. Hygiène générale. Zootechnie. Elevage. Economie générale et des productions animales.

Chaire d'Alimentation.
— Professeur titulaire . . . . . FALIU.
— Maître-Assistant Agrégé . . . . . GRIESS.
Botanique appliquée et Bromatologie. Agronomie. Alimentation.

COURS COMPLEMENTAIRES - CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Antibiothérapie des Maladies infectieuses . . . . . MM. MONNIER.
Aspect médical des Zoonoses . . . . . ARMENGAUD.
Energétique . . . . . LABOUCHE.
Initiation à l'informatique biomédicale. . . . . FERNET.
Agronomie . . . . . COMBRET.
Métabolismes . . . . . RAYNAUD.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats.
(Délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924.)

UNIV. LEIDEN BIBL.

A MES PARENTS

En témoignage de mon affection et de ma reconnaissance pour l'aide qu'ils m'ont si souvent apportée et pour tous les sacrifices qu'ils se sont imposés.

A MON FRÈRE

A MA SŒUR

A TOUTE MA FAMILLE

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur ROUX

de l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.
Hommage très respectueux.

A NOTRE JURY DE THÈSE :

Monsieur le Professeur LABIE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pour sa bienveillance à notre égard.
Qu'il trouve ici l'expression de nos remerciements et de notre profond respect.

Monsieur le Professeur FALIU
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui a bien voulu accepter de faire partie de notre jury de thèse.
Respectueuse gratitude.

A Monsieur EECKHOUTTE

Maître Assistant à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pour l'aide dévouée et les précieux conseils qu'il nous a si souvent prodigués.

Profonds remerciements.

A TOUS NOS MAITRES

DE L'ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE

DE TOULOUSE

SOMMAIRE

Indroduction.
Définition.
Historique.
Autres emballages.

Première partie

La fabrication du fer-blanc.

La fonte.
L'acier.
Le laminage à chaud.
Le laminage à froid.
L'étamage.

Deuxième partie

Le vernissage.

La sulfuration.
La corrosion.
Les vernis.
Le vernissage.

Troisième partie

La fabrication de la boite.

Les différents types de boîtes.
La méthode de fabrication.
Le contrôle.
Législation des emballages.

Quatrième partie

Choix de la boite en fonction de la catégorie de l'aliment.

Conclusion.

Bibliographie.

INTRODUCTION

D'aucuns s'étonneront qu'un tel sujet soit traité par un vétérinaire ; mais, si je l'ai fait, je le dois à deux causes bien distinctes : d'abord le milieu de travail dans lequel j'ai vécu, milieu de fabrication de l'emballage métallique ; ensuite l'importance accrue prise par l'inspection vétérinaire, sanitaire et qualitative des denrées animales et d'origine animale conservées en boîtes métalliques.

La Communauté Européenne Économique produit 2 600 000 tonnes de fer-blanc annuellement, dont la quasi-totalité est destinée aux emballages métalliques. En effet, la place prise par les conserves alimentaires devient de plus en plus grande du fait de l'apparition sur le marché, d'abord de nouveaux plats cuisinés, ensuite de boissons gazeuses ou non, et enfin des aliments pour animaux. Cette production continuera à s'accroître car nous sommes encore loin de la consommation de l'Américain moyen qui utilise annuellement deux cents boîtes de conserve et ne paraît souffrir d'aucune maladie de carence.

Cet essai, ne se voulant pas un ouvrage technique, vise à mieux comprendre le rôle qualitatif de l'emballage en matière de conservation alimentaire.

Pour cela, après une définition et un bref historique de la boîte de conserve, je décrirai les fabrications du fer-blanc et de la boîte métallique et démontrerai les différents moyens de contrôle de celles-ci basés sur des critères de qualité très sévères. Une classification des aliments me permettra ensuite de définir les critères de choix de l'emballage en fonction des divers types de boîtes fabriquées.

DÉFINITION

Le décret du 10 février 1955 nous donne indirectement une définition des boîtes de conserve car il précise que :

• *par conserve,* on entend les denrées d'origine animale et végétale périssables dont la conservation est assurée par l'emploi combiné des deux techniques suivantes :

1° Conditionnement en récipients étanches aux liquides, aux gaz et aux micro-organismes à toutes températures inférieures à 55 °C.

2° Traitement par la chaleur ou tout autre procédé autorisé par arrêté pour assurer la destruction ou l'inhibition totale des enzymes, des micro-organismes ou de leurs toxines, dont la présence ou la prolifération risquerait de rendre la denrée impropre pour la consommation ou dangereuse pour l'homme.

• *par semi-conserve,* on entend les denrées périssables qui sont conditionnées dans des récipients étanches aux liquides et traitées par un procédé destiné à assurer une conservation plus limitée dans le temps.

HISTORIQUE

La conservation alimentaire est basée sur deux conditions nécessaires et suffisantes pour son bon accomplissement :

— le conditionnement dans un récipient étanche d'abord,

— la stérilisation de l'aliment ensuite.

Deux hommes vont découvrir, au siècle dernier, ces deux solutions : Nicolas APPERT et Peter DURAND.

Nicolas APPERT (1749-1841) est né à Châlons-sur-Marne. Quatrième fils d'un hôtelier, il s'installe en 1780, rue des Lombards, confiseur à son compte. Le Directoire, face à la pénurie de vivres pour les armées en campagne, promet une récompense de 12 000 francs à qui parviendra à trouver le moyen de maintenir pendant plusieurs mois la fraîcheur et les qualités nutritives de la viande et des légumes. APPERT, encouragé par le gastronome GRIMOD DE LA REYNIÈRE, installe en 1804, à Massy-Palaiseau, la première usine de conserves. On pouvait lire dans le *Courrier d'Europe* de 1809 :

« M. Appert a trouvé l'art de fixer les saisons chez lui : le printemps, l'été, l'automne vivent toute l'année semblables à ces plantes délicates que le jardinier protège sous un dôme contre l'intempérie des saisons. »

Une commission, comprenant en particulier Gay-Lussac, étudie le procédé et, le 10 janvier 1810, M. Montalivet, ministre de l'Intérieur, informe Nicolas Appert que le gouvernement lui attribue le prix.

La même année, Appert fait paraître *L'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales.* Il y expose sa méthode :

1° Enfermer dans des bocaux les substances à conserver.

2° Boucher ces vases avec la plus grande attention.

3° Soumettre ces flacons à l'action du bain-marie.

Il mourut le 1er juin 1841 dans le plus extrême dénuement.

Son procédé est perfectionné par Raymond Chevalier Appert qui invente l'autoclave en 1852.

En 1810, un Anglais, Peter Durand, prend un brevet qui est une copie exacte du procédé Appert. Mais, en plus, il prévoit l'utilisation de la boîte métallique. Cela lui vaut la gloire d'être considéré comme l'inventeur de la boîte de conserve et, dès 1813, les Manufactures Donkin et Hall livrent à la Marine anglaise les premières boîtes en fer-blanc.

En 1810, Grimod de la Reynière avait écrit, dans son *Almanach des gourmands* : « On donne en Bretagne le nom de confitures aux diverses préparations imaginées pour maintenir les sardines dans toute leur fraîcheur, pendant un temps considérable. Ces confitures sont de trois espèces : au beurre, au vinaigre et à l'huile. Les sardines ainsi préparées, renfermées dans des boîtes en fer-blanc soudées, peuvent voyager sans risques et arriver à la table des gourmands presque aussi fraîches que lorsqu'elles sortent de la mer. »

Dès lors, on va assister à un prodigieux développement de la boîte en fer-blanc. Ce modèle, perfectionné

par un système de fermeture du couvercle, alors soudé à l'étain et qui plus tard sera serti, va permettre le succès complet des conserves.

Le fer-blanc était déjà fabriqué au Moyen Age en Saxe et en Bohême et le secret de fabrication y était jalousement gardé. COLBERT et les Anglais l'éventeront malgré tout. L'histoire des premiers établissements de manufacture de fer-blanc en France est un roman d'aventures et d'espionnage industriel, dont les protagonistes sont Jacques SOYER en 1650, LE VAU, premier architecte du roi, Antoine CHAMPION, son prête-nom, qui fondera en 1665 la première usine de fer-blanc à Beaumont-la-Ferrière dans le Nivernais. Mais les Anglais, manufacturiers dans l'âme, obtinrent rapidement la meilleure qualité de fer-blanc de toute l'Europe.

Seules, deux manufactures françaises survécurent à la Révolution; aussi l'essentiel du fer-blanc est-il importé d'Angleterre. On comprend mieux alors les scrupules d'APPERT et le parti que les Anglais ont su tirer de son petit livre.

AUTRES EMBALLAGES

Ce bref historique met en évidence le rôle primordial joué par la boîte métallique dans la conserve alimentaire et on peut affirmer qu'elle possède des avantages certains sur les autres systèmes d'emballage, par exemple une étanchéité parfaite, une bonne résistance aux mauvaises conditions de transport et de stockage, enfin un prix de revient faible.

D'ailleurs, nous ne pouvons pas parler de concurrence entre la boîte métallique et les autres emballages, mais de complémentarité. Les autres matériaux utilisés sont l'aluminium, le fer-blanc chromé, le verre et les matières plastiques.

1° L'aluminium

La boîte d'aluminium de petit format est très utilisée en Scandinavie, pour les produits de la pêche surgelés, car elle détient le privilège de l'ouverture facile par traction. Par contre, de nombreux défauts réduisent la portée de cet avantage. Par exemple, la faible résistance de ce métal aux chocs inévitables, la petitesse des formats utilisés pour ces boîtes fabriquées par emboutissage, le coût élevé du métal, enfin l'existence de couples thermo-électriques issus des boîtes dont le fond est en aluminium et le corps en fer-blanc et qui réduisent la conservation du produit.

2° Le fer-blanc chromé

Les boîtes en fer-blanc chromé font l'objet de recherches intéressantes au Japon et aux États-Unis, mais la rentabilité de la production est encore nulle.

3° Le verre

Le verre, par contre, intéresse la frange luxueuse de la conserve alimentaire, malgré sa fragilité et son coût élevé. Il représente aux yeux de la ménagère la conserve que l'on mange pour les grandes occasions.

4° Les matières plastiques

Ces matériaux n'inspirent pas encore beaucoup de confiance quant à leur innocuité vis-à-vis de la qualité hygiénique des aliments conservés. Ils sont utilisés comme matériaux ocmplémentaires (anses, colliers de fermeture, goulots verseurs).

La conserve souple sous sachets plastifiés à base de feuilles d'aluminium est chère; en outre, elle nécessite un suremballage dans des étuis en carton et, de plus, les cadences de remplissage sont faibles et la sécurité de fermeture plus difficilement contrôlable.

Ces quelques remarques expliquent parfaitement la place immense prise par le fer-blanc dans la conserve alimentaire. De plus, la nouvelle politique de l'environnement exige des produits à jeter biodégradables ou réutilisables; or il est facile de récupérer les boîtes métalliques par magnétisme et de les retransformer ensuite en acier.

PREMIERE PARTIE

LA FABRICATION DU FER-BLANC

Le fer-blanc est formé de fer noir (acier) et d'une couche superficielle d'étain.

L'acier est composé de 98 à 99,5 pour cent de fer, de 0,05 à 1,7 pour cent de carbone, enfin de traces de manganèse et de silicium.

C'est la présence de carbone qui donne à l'acier des propriétés particulières différentes de celles du fer pur.

1° La fonte

La source naturelle de cette matière ferreuse dont dispose l'homme est le minerai, où le fer se trouve en général à l'état d'oxyde mélangé à des matières terreuses telles que le calcaire, la silice, l'alumine, le phosphore, etc.

Le fer est extrait du minerai dans le haut fourneau par l'action réductrice du carbone du coke chargé en couches alternées avec le minerai. La réduction s'opère vers 2 000 °C, mais elle s'accompagne d'une dissolution du carbone et du coke dans le fer. Le haut fourneau va donc produire de la fonte qui contient 93 à 94 pour

cent de fer et 3,5 à 4 pour cent de carbone, plus des traces de manganèse, de silicium, et quelquefois jusqu'à 2 pour cent de phosphore, comme c'est le cas avec le minerai lorrain.

La sidérurgie utilise également, comme source de fer, la ferraille (43 pour cent du fer consommé par les usines sidérurgiques).

2° L'acier

Selon que la matière dominante est la fonte liquide obtenue à partir du minerai et du coke ou bien la ferraille de toutes origines, on distingue deux grandes catégories d'aciers :

1) L'acier résultant d'un affinage de la fonte liquide par insufflation d'air dans le convertisseur Thomas ou, plus récemment, par soufflage d'oxygène pur afin de brûler le silicium, le carbone et le phosphore en excès.

Cette opération exige une température de la fonte avoisinant 1 600 °C.

2) L'acier venant de la fusion et l'affinage de charges comprenant surtout de la ferraille, soit dans un four Martin ou électrique, soit, pour les aciers spéciaux, dans un creuset chauffé par induction électromagnétique.

a) *La désoxydation*

1) *Principe.*

Au cours du soufflage dans les procédés de conversion de la fonte liquide et au cours de la fusion et de l'affinage dans le four Martin ou le four électrique, une partie du fer est oxydée en même temps que les éléments indésirables, tels que le silicium, le carbone, le phosphore, le soufre, que l'on veut éliminer partiellement ou complètement.

Avant de couler l'acier, il faut donc procéder à sa désoxydation. On réalise cette opération en ajoutant au bain, en quantités appropriées, des corps plus avides d'oxygène que le fer, tels que le manganèse, le silicium, le calcium, le titane, l'aluminium. Ils se combinent avec l'oxygène, réduisent l'oxyde de fer et libèrent le fer ; l'oxyde formé avec ces corps remonte dans les scories.

Selon le corps utilisé pour la désoxydation, celle-ci sera partielle ou totale :

2) *Acier « effervescent ».*

Si la désoxydation est pratiquée avec du manganèse désoxydant moyennement énergique, l'acier obtenu est effervescent ou « mousseux », c'est-à-dire que, lorsqu'on prélève une louche de cet acier pour le couler dans un moule, de petites étincelles jaillissent de toutes parts. De plus, ces étincelles sont émises durant la solidification de l'acier.

L'effervescence est provoquée par le dégagement gazeux qui accompagne l'achèvement de la désoxydation pendant la solidification, suivant la réaction

$$FeO + C \rightarrow Fe + CO.$$

3) *Acier « calmé ».*

Si la désoxydation est totale grâce à l'addition d'une forte quantité d'aluminium, l'acier se fige dans le moule sans émettre aucune étincelle; on dit que c'est de l'acier « calmé ». Le dégagement d'oxyde de carbone est inexistant du fait de la désoxydation complète de l'oxyde de fer.

b) *La coulée*

L'acier liquide produit, soit au convertisseur Thomas (ou à l'oxygène), soit au foyer Martin, ou au four électrique (effervescent ou calmé), est versé dans une poche cylindrique recouverte de matériau réfractaire

silico-alumineux. Dans le fond de cette poche, une brique est percée d'un orifice calibré par lequel l'acier peut s'écouler après remplissage de la poche. La poche de coulée est ainsi amenée par un pont roulant au-dessus des lingotières, qui sont des moules en fonte aux parois épaisses. Ce sont en général des parallélépipèdes à base carrée ou rectangulaire, légèrement tronconiques.

Les lingotières sont remplies l'une après l'autre, en déplaçant la poche de coulée, le jet tombant dans la lingotière; on parle alors de coulée directe ou de « coulée en chute ».

Un autre système de coulée utilise le remplissage simultané de plusieurs lingotières par le principe des vases communicants. On parle de « coulée en source ». La montée de l'acier se fait alors sans éclaboussure dans la lingotière, et le lingot a un plus bel aspect. Mais l'utilisation de conduits en briques réfractaires, reliant les lingotières, risque de provoquer l'inclusion de réfractaire dans le métal. Pour cela, la méthode de la coulée directe reste la plus utilisée.

c) *La solidification*

Dès que l'acier liquide a été coulé « en chute » ou « en source » dans les lingotières, la période de solidification commence. Elle s'accompagne de phénomènes néfastes à la bonne homogénéité de l'acier.

1) *Phénomènes de retassure.*

La vitesse de solidification du lingot étant plus rapide à la périphérie qu'au centre, cela provoque un affaissement de la face supérieure de celui-là du fait de sa rétraction. C'est le phénomène de « retassure »; il nécessite l'élimination de toute la partie supérieure du lingot car elle donnerait au laminage des produits

creux. Ce phénomène est observé particulièrement pour les aciers calmés car le dégagement gazeux de l'acier effervescent en tête du lingot maintient plus longtemps cette dernière en phase liquide et diminue son affaissement en fin de solidification.

2) *Le phénomène de ségrégation.*

Le phénomène de « la ségrégation » vient en plus se greffer sur le précédent. En effet, la solidification, qui progresse de la périphérie vers le centre du lingot, s'accompagne de l'enrichissement en carbone, soufre, phosphore, de la phase restée liquide. Il en résulte des différences de composition de plus en plus marquées vers la tête et l'axe du lingot.

La ségrégation est d'autant plus accusée que le refroidissement est plus lent et, par conséquent, que le lingot est plus gros. Fort heureusement, les opérations de laminage à chaud permettent d'en atténuer les effets.

3° Le laminage a chaud

Le laminage à chaud transforme les lingots d'acier en tôle de faible épaisseur, facile à embobiner.

Les lingots destinés au laminage pèsent de 4 à 10 tonnes. Ils vont subir un dégrossissage à chaud vers 1 200 °C dans un premier laminoir appelé « Blooming » qui réduit leur section jusqu'à 200 × 200 cm. Ces lingots carrés sont à leur tour transformés en demi-produit, à section rectangulaire, appelés « Brames » (150 × 20 cm de section). Les brames sont alors laminées à chaud, après réchauffage intermédiaire, par des trains de laminoirs, pour être transformées en bobines de tôle. Le lingot est donc écrasé entre deux cylindres qui tournent sur eux-mêmes. Il subit plusieurs passages et prend progressivement la forme de

la brame. Après refroidissement à température ambiante, celle-ci est visitée scrupuleusement; on la débarrasse au chalumeau oxyacétylénique des défauts superficiels tels que les criques, les inclusions de réfractaires, les pailles, etc.

Les brames sont ensuite réchauffées à 1 200-1 300 °C pour subir le laminage dans un train de onze cages laminoirs travaillant en continu, chaque cage réduisant l'épaisseur de la tôle d'acier. Le laminage en continu est précédé d'un dégrossissage qui consiste à décoller la couche superficielle d'oxyde de fer formée lors du refroidissement des brames. Pour cela, deux cylindres brisent celle-ci par pression.

Le laminage proprement dit aboutit à la fabrication d'une bande de fer noir épaisse de 2 mm, large de 1,80 m, longue de 400 m, sortant du laminoir à la vitesse de 40 km/h et à une température de 850 °C environ. La tôle est alors refroidie par arrosage jusqu'à 650 °C. On recristallise de façon homogène la tôle en la réchauffant au cours de son rembobinage.

Ces bobines de fer noir vont être alors étamées après avoir subi le laminage à froid.

4° Le laminage a froid

Il assure un bon écrouissage au métal, c'est-à-dire qu'il durcit celui-ci. Cet écrouissage, pratiqué par pression et traction, est atténué par une recuisson sous cloche des bobines.

a) *Écrouissage*

Le laminage se fait sous arrosage à l'huile de palme, à la fois par pression de la tôle exercée par quatre cylindres parallèles et par traction exercée aux extré-

mités de la bande. La feuille d'acier est ainsi réduite à une épaisseur de 27 à 30 centièmes de millimètre. La tôle sort du laminoir à une vitesse voisine de 100 km/h, ce qui est très spectaculaire.

b) *Recuisson*

L'acier ainsi écrouit possède une nouvelle structure cristalline; il est devenu dur, rigide et cassant. Une recuisson est nécessaire pour atténuer cet écrouissage.

Pour cela, on débarrasse la tôle de l'huile de palme en utilisant l'orthosilicate de soude porté à 90 °C. Après séchage à l'air chaud et rebobinage, on place des bobines par groupe de quatre dans une cloche contenant un gaz neutre pour éviter l'oxydation et dont la température est de 640 à 690 °C.

c) *Le « skin-pass »*

L'acier obtenu après écrouissage et recuisson nécessite une dernière opération, celle du « skin-pass », qui lui confère une dureté légèrement supérieure au fer recuit et atténue le phénomène du « filage ».

Il est obtenu par allongement de la bande de l'ordre de 2,5 pour cent après tractions et pressions. L'absence d'arrosage assure une peau fine à la tôle.

1) *Le « temper ».*

La dureté est mesurée par une machine Rockwell avec laquelle on définit l'indice de dureté superficiel ou « temper ».

Une bille d'acier de 1/16 de pouce de diamètre est appliquée sur le fer sous une charge de 30 kilogrammes. On mesure son enfoncement en microns.

T_1 T_2 = 48-56 microns
T_3 = 54-61 —
T_4 = 54-65 —
T_5 = 66-73 —
T_7 = 62-70 —
T_9

— T_3 - T_4 - T_5 - T_7 = qualité courante adaptée au formage et au pliage des boîtes.

— T_9 = qualité raide, nécessite un acier spécial, utilisée pour les burettes.

— T_1 - T_2 = emboutissage profond, issue des sections les plus propres du lingot.

2) *Le filage.*

Le filage de l'acier signifie que sous une traction donnée le métal subit un allongement élastique.

A partir d'une certaine valeur de la traction, la limite d'élasticité est atteinte et le métal s'allonge brusquement comme s'il filait. Ensuite il retrouve son allongement élastique.

Ce glissement brusque pour une traction donnée est dû à des précipitations intercristallines de carbures et de nitrures de fer. Cela est la cause de la formation, lors de l'emboutissage des fonds, des facettes irrégulières à leur surface.

Le « skin-pass » provoque artificiellement le filage de manière à l'éliminer. L'allongement élastique d'une couche cristalline d'acier est de 0,1 pour cent avant de filer. Or une tôle épaisse de 27 à 30/100 de millimètres comporte environ vingt couches cristallines. On réalise donc un allongement de 2 à 3 pour cent de la tôle pour provoquer son filage.

Ainsi on assure une homogénéité de résistance et d'élasticité aux diverses tractions et torsions qui se produisent au cours du formage de la boîte.

L'acier ainsi laminé à froid est étamé superficiellement pour être mieux protégé contre les attaques physiques et chimiques du milieu ambiant.

5° L'Étamage

L'étamage est un dépôt contrôlé d'étain à la surface d'une feuille d'acier. Il permet l'isolement de celle-ci vis-à-vis des atteintes électrochimiques provenant, soit des aliments conservés, soit du milieu extérieur.

Le fer noir est étamé suivant deux méthodes bien distinctes : d'une part, l'étamage ancien par trempage de la feuille d'acier dans un bain d'étain en fusion; d'autre part, l'étamage actuel, utilisant les réactions électrolytiques produites dans un bain de sulfate d'étain.

a) *Anciennes méthodes*

1) *Principe.*

L'étamage à chaud est un trempage des feuilles d'acier dans un bain d'étain liquide, après décapage des feuilles à l'acide sulfurique. Le bain d'étain titrant 0,9975 pour cent d'étain est porté à une température de 350 °C.

Le dépôt de l'étain sur l'acier s'accompagne de la formation d'une couche intermédiaire de $FeSn_2$ égale au cinquième de la couche d'étain et qui permet un bon accrochage entre le fer et l'étain.

Les plaques ainsi étamées sont immédiatement trempées dans une cuve contenant de l'huile de palme à 245 °C pour éviter, avec le refroidissement, la formation superficielle d'une couche incontrôlée d'oxyde d'étain, préjudiciable au bon isolement électrochimique de l'acier.

Après refroidissement, les plaques sont dégraissées au son et brossées.

2) *Inconvénients.*

L'étamage à chaud présente de nombreux inconvénients.

En effet, l'automatisation d'un tel procédé n'est guère possible. De plus, la forte température du bain d'étain provoque la précipitation intercristalline de nitrures et de carbures de fer qui rendent le métal trop dur et trop cassant, donc moins utilisable pour le formage des boîtes. Enfin, l'homogénéité de la couche d'étain déposée est difficilement contrôlable.

Aussi, pour éliminer ces trois défauts, on pratique actuellement l'étamage électrolytique.

b) *Nouvelle méthode*

L'étamage électrolytique, qui se fait en continu avec une automatisation poussée, est, lui, parfaitement contrôlable.

1) *Électrolyse.*

On commence par supprimer les défectuosités en utilisant, soit les rayons β qui détectent les hors épaisseurs d'acier, soit des cisailles qui éliminent les bavures des bords de la feuille.

Les bobines ainsi préparées sont soudées entre elles et dégraissées dans une cuve contenant de l'orthosilicate de soude mélangé avec de l'acide sulfurique. Ensuite, elles sont étamées par électrolyse d'un bain de sulfate d'étain, la bande d'acier jouant le rôle de cathode.

2) *Réchauffage.*

La bande d'acier, après avoir traversé le bain d'étamage, doit être réchauffée. Le réchauffage a pour but de provoquer la formation de la couche intermédiaire de $FeSn_2$ nécessaire à une bonne adhérence de l'étain sur le fer.

3) *Passivation.*

Puis la bande de fer étamé subit la passivation. Cela consiste à provoquer à la surface de l'étain la formation d'une couche invisible d'oxyde d'étain, afin d'éviter une oxydation ultérieure et incontrôlée de celui-ci. Elle conditionne directement le comportement du fer-blanc, en particulier lors du vernissage et du soudage.

On utilise, pour pratiquer cette opération, deux méthodes de passivation :

— La passivation cathodique, dite « 311 », qui consiste en une réduction cathodique dans un bain de bichromate de potassium de la couche d'oxyde qui a dû se reformer après réchauffage; puis, toujours dans un bain de bichromate, en une oxydation cathodique qui reforme une couche d'oxyde régulière, dont l'importance est en principe contrôlée par l'instensité du courant d'électrolyse.

— La passivation chimique, dite « 300 », qui consiste en un arrosage de la bande par une solution chromique à 85 °C suivi d'un rinçage et d'un séchage.

Des études de laboratoire ont montré que ces deux procédés de passivation donnent des couches d'oxyde de nature et de caractéristiques différentes, en général plus épaisses, plus poreuses et plus stables dans le cas de la passivation chimique, plus étanches et moins stables dans le cas de la passivation électrochimique.

La précision atteinte par la technique d'étamage électrolytique, d'une part, les notions de rentabilité de la production, d'autre part, ont entraîné une forte diminution de l'épaisseur de la couche d'étain déposée à la surface de l'acier. En effet, n'oublions pas que seul l'isolement électrochimique parfait de l'acier par l'étain est recherché, et cela dépend uniquement de l'homogénéité de la couche d'étain et non de son épaisseur.

d) *Taux d'étamage.*

Par trempage à chaud ou par électrolyse, le taux d'étamage représente le poids d'étain, en livre anglaise, par caisse standard (« base box »). Une caisse standard contient 112 feuilles de 20 pouces × 40 pouces, soit 40,465 m^2 de surface étamée. Sachant qu'une livre anglaise vaut 453,6 grammes, une livre anglaise par « base box » (1 lb/bb) égale 22,4 g/m^2 d'étain, c'est-à-dire 22,4 grammes d'étain sur les deux faces d'une feuille de 1 mètre carré de surface.

Quelques exemples :

Étamage électrolytique :

Appellation	Taux d'étamage	Lb/bb	g/m^2
E 1	25	0,25	5,6
E 2	50	0,50	11,2
E 3	75	0,75	16,8
E 4	100	1,00	22,1

Étamage différentiel :

Appellation	Taux d'étamage
E 1/E 2	25/50
E 1/E 3	25/75
E 1/E 4	25/100

Étamage à chaud :

25 g/m^2	1,25 lb/bb
30 g/m^2	1,50 lb/bb
33 g/m^2	1,75 lb/bb
40 g/m^2	2 lb/bb
49 g/m^2	3 lb/bb

En général, l'épaisseur de la couche d'étain varie de 0,002 à 0,003 millimètre.

Ce schéma de fabrication du fer-blanc montre non seulement l'évolution profonde que celle-ci a subie en un demi-siècle, mais indique aussi quels sont les critères de qualité, de résistance, que les Maîtres de Forges doivent prendre en considération pour satisfaire les exigences hygiéniques de plus en plus poussées.

Pour améliorer l'isolement électrochimique du fer-blanc, il a fallu créer le vernissage.

DEUXIEME PARTIE

•

LE VERNISSAGE

1° Définition

Le vernissage est le dépôt d'un film mince et étanche, soit de gomme végétale, soit de résines synthétiques, à l'intérieur de la boîte.

L'intérêt du vernissage est double :

D'abord, il permet aux industriels de diminuer l'épaisseur du fer et du taux d'étamage et, de ce fait, d'obtenir un abaissement du prix de revient de la boîte.

Ensuite, il permet de conserver un bon aspect à l'intérieur de la boîte, une bonne couleur et un bon goût à l'aliment. A ce titre, les aliments se divisent en deux catégories : les sulfureux, qui entraînent le phénomène de la sulfuration, les acides, qui provoquent le phénomène de la corrosion.

La sulfuration

Le phénomène de sulfuration correspond à la formation de dérivés stanneux au contact de la boîte et de l'aliment.

Ce phénomène survient avec de nombreux produits (crustacés, abats, viande de bœuf) qui possèdent du

soufre sous forme d'acides aminés soufrés, comme la cystéine, le glutathion. Lors de la stérilisation, pratiquée après remplissage de la boîte, il y a une libération d'hydrogène sulfuré à partir de ces dérivés soufrés.

R - S - S - R' → SH^2. Celui-ci réagit en milieu liquide avec l'étain pour donner du sulfure stanneux brun noir et, en milieu gazeux, avec le fer pour donner du sulfure ferreux noir. En outre, ces deux sulfures étant solubles en milieu acide, cela explique leur absence dans les produits acides tels que les jus concentrés de fruits, ou bien les confitures de fruits, les haricots, asperges, etc.

La sulfuration peut être évitée dans certains cas par une préparation avant emboîtage. Par exemple, le phénomène de sulfuration chez les poissons, consécutif à la décomposition sous l'effet de l'activité bactérienne et enzymatique des acides aminés soufrés, est inhibé par une précuisson des poissons avant le remplissage des boîtes.

De nombreux facteurs favorisent la sulfuration : les conditions de stockage (une élévation de température accélère le phénomène), la fraîcheur de la matière alimentaire avant mise en conserve, la durée de l'autoclavage ou l'existence de fortes quantités d'acides gras et de triméthylamine dans l'aliment.

Tout cela explique l'intérêt de l'utilisation des vernis antisoufre. Cependant, le phénomène de la sulfuration ne pose que des problèmes organoleptiques, sans commune mesure avec les problèmes toxicologiques posés par la corrosion.

La corrosion

La manifestation essentielle de la corrosion est la dissolution par le contenu de la boîte des métaux, étain et fer, dont cette dernière est constituée.

Cette dissolution s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène qui aboutit au bombage de la boîte; elle peut conduire également à sa perforation. Parallèlement et parfois dès le début de la corrosion, le passage d'étain et de fer dans le produit provoque des modifications plus ou moins accentuées de la couleur, de la saveur ou de l'aspect de l'aliment.

Le phénomène de la corrosion s'observe dans les conserves de produits dits « agressifs », moyennement acides (pH 4 à 6), à base d'acide citrique, oxalique, etc. Il diminue grandement pour des pH supérieurs à 6 et, dans le cas de denrées protéiniques d'origine animale, il laisse la place au phénomène de la sulfuration.

Quelques données fondamentales doivent être rappelées pour mieux saisir le principe de la corrosion.

Un métal est formé par un édifice cristallin en équilibre électrique. Lorsque ce métal est placé dans une solution électrolytique, l'équilibre est rompu et le métal présente une tendance plus ou moins grande à se dissoudre en libérant dans la solution les ions positifs :

$$Fe \rightarrow Fe^{++} + 2\,e \qquad Sn \rightarrow Sn^{++} + 2\,e$$

Les ions métalliques continuent à passer en solution jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre électrique se forme.

La plaque métallique est alors chargée négativement et a acquis vis-à-vis de la solution un potentiel électrique déterminé, que l'on appelle la tension de dissolution. On la mesure à l'aide d'une électrode à hydrogène, à laquelle on assigne une valeur arbitraire.

On détermine ainsi le potentiel de dissolution des principaux métaux :

Hydrogène	0 volt.
Plomb	— 0,126 volt.
Étain	— 0,136 volt.
Fer	— 0,440 volt.

Chaque métal de cette série électrochimique, placé dans la solution d'un métal ayant un potentiel plus positif, le déplace, c'est-à-dire entre en solution à sa place. Tous les métaux ayant un potentiel négatif déplacent l'hydrogène et se dissolvent dans les solutions acides en dégageant de l'hydrogène gazeux. Le potentiel d'une électrode varie avec la concentration de la solution en ions du métal considéré :

$$E = E_0 + \frac{0{,}06}{n} \cdot \log (M^+)$$

E_0 représente le potentiel normal de dissolution, n la valence du métal, (M^+) la concentration en ions.

Deux métaux différents placés dans le même électrolyte possèdent en général des tensions de dissolution différentes et constituent une pile.

Si on les relie par un galvanomètre, on constate au début le passage d'un courant. Le métal ayant la tension de dissolution la plus négative (anode) envoie des ions dans la solution, tandis que les ions hydrogène de la solution se dirigent vers le métal ayant la tension la moins négative (cathode).

Pour qu'il y ait corrosion, il faut que la pile débite du courant.

Il se produit alors une électrolyse de l'électrolyte se traduisant :

— pour l'eau $H \cdot OH \rightarrow H^+ + OH^-$,
— pour l'acide $H \cdot A \rightarrow H^+ + A^-$.

Puis, avec les ions métalliques issus de l'anode, nous avons les réactions suivantes :

$M^+ + OH^- \rightarrow M\,OH$ Hydroxyde du métal.
$M + A^- \rightarrow M\,A$ Sel du métal.

Les ions H^+ réagissent de deux manières différentes :

$$2\,H^+ + 2\,e \rightarrow H_2$$

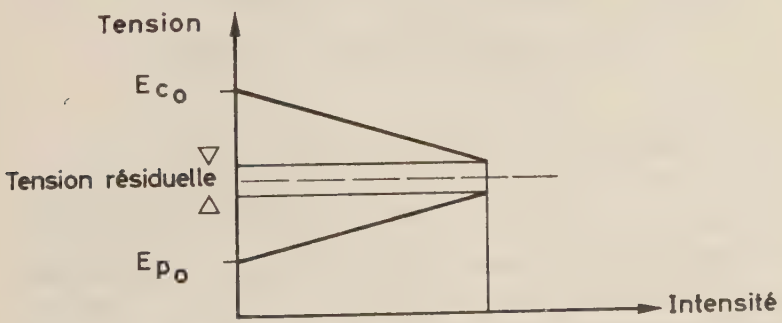
ou bien

$$4\,H^+ + O_2 + 4\,e \rightarrow 2H_2O.$$

Si le système $M^+ + e \rightleftharpoons M$ est plus réducteur que $2\,H^+ + 2\,e \rightleftharpoons H_2$, l'hydrogène se dégage, sinon la corrosion a lieu par absorption d'oxygène. L'intensité du courant diminue grâce à l'intervention des phénomènes de passivation et de polarisation.

La corrosion de l'anode est ralentie si les produits qui en résultent forment à sa surface une couche insoluble qui la protège contre l'attaque ultérieure. La couche protectrice est souvent due à l'oxydation. On explique ainsi l'intérêt d'une bonne passivation après l'étamage électrolytique. La corrosion de l'anode peut diminuer également sous l'effet de la polarisation anodique. En effet, l'augmentation de la concentration ionique de l'électrolyte à son voisinage diminue sa négativité par rapport au système.

La polarisation cathodique est le fait des ions d'hydrogène qui s'accumulent à la surface de la cathode; cette dernière devient de plus en plus négative. Les potentiels de l'anode et de la cathode évoluent ainsi vers des valeurs limites voisines, à partir desquelles ils



Ec_0 = potentiel normal de dissolution de la cathode.
Ep_0 = potentiel normal de dissolution de l'anode.

se stabilisent. La vitesse de la corrosion dépend alors de l'intensité du courant à la tension résiduelle.

Dans les boîtes en fer-blanc, la présence du couple étain - fer forme une pile et donne lieu par conséquent à une corrosion électrochimique.

Le fait essentiel du comportement du couple au contact des produits est que l'étain prend un potentiel négatif par rapport au fer.

La couche d'étain joue ainsi le rôle d'anode et se dissout en faisant bénéficier le fer de la protection cathodique et en évitant sa dissolution.

Le potentiel d'un métal bivalent est donné par la formule

$$E = E_0 + \frac{0{,}06}{2} \log (M^{++}).$$

Pour l'étain :

$$E\,Sn = E_0\,Sn + 0{,}03 \log (Sn^{++})\ 0{,}136 + 0{,}03 \log (Sn^{++}).$$

D'après le produit de solubilité, nous avons :

$$(Sn^{++}) \cdot (OH^-)^2 = 5.10^{-26}$$
$$\log (Sn^{++}) = \log 5 - 26 - 2 \log (OH^-)$$
$$\log (OH^-) = -14 + pH$$
$$\log (Sn^{++}) = 2{,}7 - 2\,pH$$

$$\text{donc } E\,Sn = -0{,}056 - 0{,}06\,pH.$$

Pour le fer :

$$(Fe^{++})\ (OH^-)^2 = 1{,}6.10^{-15}$$
$$E\,Fe = -0{,}04 - 0{,}06\,pH.$$

Pour des pH entre 5,5 et 11, l'étain est donc négatif par rapport au fer.

Tous les produits conservés présentent le phénomène de la corrosion; mais, au-dessus d'un pH = 6,

celui-ci est peu décelable et laisse place très souvent au phénomène de sulfuration.

En fait, l'expérience a montré que le phénomène de corrosion est le plus grave pour des pH compris entre 4 et 6. La protection du fer par l'étain est donc basée sur la polarisation cathodique du premier.

La dissolution de l'étain dans l'électrolyte s'accompagne, d'une part, de l'accumulation d'hydrogène positif à la surface du fer et, d'autre part, de la formation à cette même surface d'un dépôt gélatineux de $(SnO_2)Sn^{++}$ électrolytiquement inactif.

Il s'est formé à partir du $Sn(OH)_2$ en milieu légèrement acide.

La corrosion du fer est alors annulée. Pour diminuer la vitesse de dissolution de l'étain, de manière à prolonger son action protectrice, on utilise le dépôt d'un film de vernis étanche à sa surface.

Mais c'est une arme à double tranchant, car la présence de solution de continuité dans le vernis et dans l'étain entraîne à ce niveau un phénomène de corrosion en profondeur. Aussi le vernissage doit-il être accompagné d'un bon revernissage ou d'un rechampissage.

2° Les vernis

Les premiers vernis utilisés furent des oléorésineux à base de gommes végétales naturelles et d'huiles siccatives (huile de lin, huile de bois, colophane). Ils ont été abandonnés car ils donnaient un goût au produit et leur résistance à la corrosion était faible. Ils furent remplacés par des hauts polymères de synthèse du type époxy-phénolique et vinylique.

a) *Les résines phénoliques et époxy-phénoliques*

Elles se forment par polycondensation.

Les molécules de base sont le phénol et l'aldéhyde; sous l'influence de la chaleur et en milieu basique, elles se lient entre elles pour donner des macromolécules sphériques formant un composé liquide, la « résole ».

La forme liquide se transforme après évaporation du solvant en une forme solide, la « résite ».

Les résites sont des films cassants, difficiles à emboutir, mais possédant une bonne résistance aux phénomènes chimiques existant dans la boîte. On améliore l'adhérence du film sur le fer-blanc en modifiant la résite à l'aide de butylphénol.

Quant aux résines époxy-phénoliques, elles utilisent la polyconcentration et la polyaddition de PP'-dioxydiphényl-diméthylméthane avec de l'épichlorhydrine. Elles ont une remarquable résistance aux alcalis.

Ces résines possèdent toutes un défaut : une rigidité trop forte; aussi ne sont-elles pas utilisées dans le vernissage des feuilles de fer-blanc destinées à l'emboutissage des fonds. Un nouveau type de résite a été créé pour pallier cet inconvénient, c'est la résine vinylique.

b) *Les résines vinyliques*

Elles se forment par polymérisation des molécules de chlorure de polyvinyle et d'acétate de polyvinyle. On obtient des macromolécules disposées en chaînes parallèles. Elles forment un film élastique, donc emboutissable.

Les vernis vinyliques et quelques époxy-phénoliques sont thermoplastiques, c'est-à-dire que le film se ramollit lors de la stérilisation de la boîte vers 120 °C.

Cette propriété a été utilisée pour créer les vernis antisoufre.

c) *Les vernis antisoufre*

Pour obtenir un vernis antisoufre, il suffit d'inclure dans le vernis un facteur antisoufre qui, au cours de la stérilisation et du fait du ramollissement du film, sera mis en contact avec le SH_2 libéré. Ce facteur, dénommé « charge » est de l'oxyde de zinc ou du carbonate de zinc. En présence de SH_2, il se forme du sulfure de zinc insoluble, blanchâtre, inclus dans le vernis, donc non repérable, et ne nuisant pas à la présentation. La sulfuration est donc masquée par de tels vernis.

Les composants du vernis sont :

— La résine

formo-phénolique : très étanche au SH_2, dure, résiste à la chaleur;

époxy-phénolique : peu étanche au SH_2, dure, thermoplastique;

vinylique : élastique, emboutissable, thermoplastique.

— L'adjuvant

autolubrifiant nécessaire à une bonne adhérence du film; il remonte en surface au cours du séchage.

— Le solvant

white spirit.

— La charge

oxyde de zinc, carbonate de zinc.

Comme de nombreuses variations sont possibles sur ces différents éléments du vernis, il est ainsi permis d'adapter au mieux le vernis au produit à conserver.

3° Le vernissage

a) *Principe*

Le vernissage se pratique sur les feuilles de fer-blanc, à plat. Celles-ci passent entre deux cylindres applicateurs imbibés de vernis. Réglée par l'éloignement des cylindres, l'épaisseur déposée varie de 3 à 6 microns.

Les plaques vernies sont ensuite étuvées pour provoquer la polymérisation de la résine et l'évaporation du solvant. La température atteignant 200 à 210 °C est inférieure à la température de fusion de l'étain (232 °C).

Le plus souvent, un second vernissage est pratiqué pour renforcer l'étanchéité du premier, face à l'action corrosive des produits conservés.

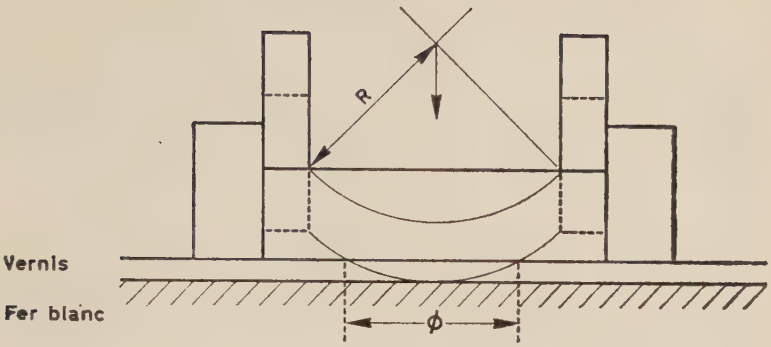
b) *Contrôle*

L'utilisation d'un vernis n'est autorisée qu'après de nombreux tests permettant d'apprécier sa résistance et son homogénéité.

1) La *mesure de la viscosité* est faite au fluidimètre, sorte d'échelle graduée sur laquelle on lit le chemin parcouru dans le sens vertical par un volume donné de vernis. La viscosité optimale est de 18 à 20 cm/10 s.

2) La *mesure de l'épaisseur du film déposé* avant séchage utilise la jauge de Pfund.

C'est un verre convexe que l'on enfonce le plus possible dans le vernis frais appliqué sur le fer-blanc. On mesure le diamètre de la trace et, à l'aide d'un diagramme, on détermine le taux de vernis appliqué en fonction de la densité de l'extrait sec utilisé (résine).



(C = 0,25 — 0,40 surtout.)

$\phi = K \times \sqrt{v}$

V = volume de vernis en cm^3 sur 1 m^2.

K = X 4 R R = rayon de la lentille.

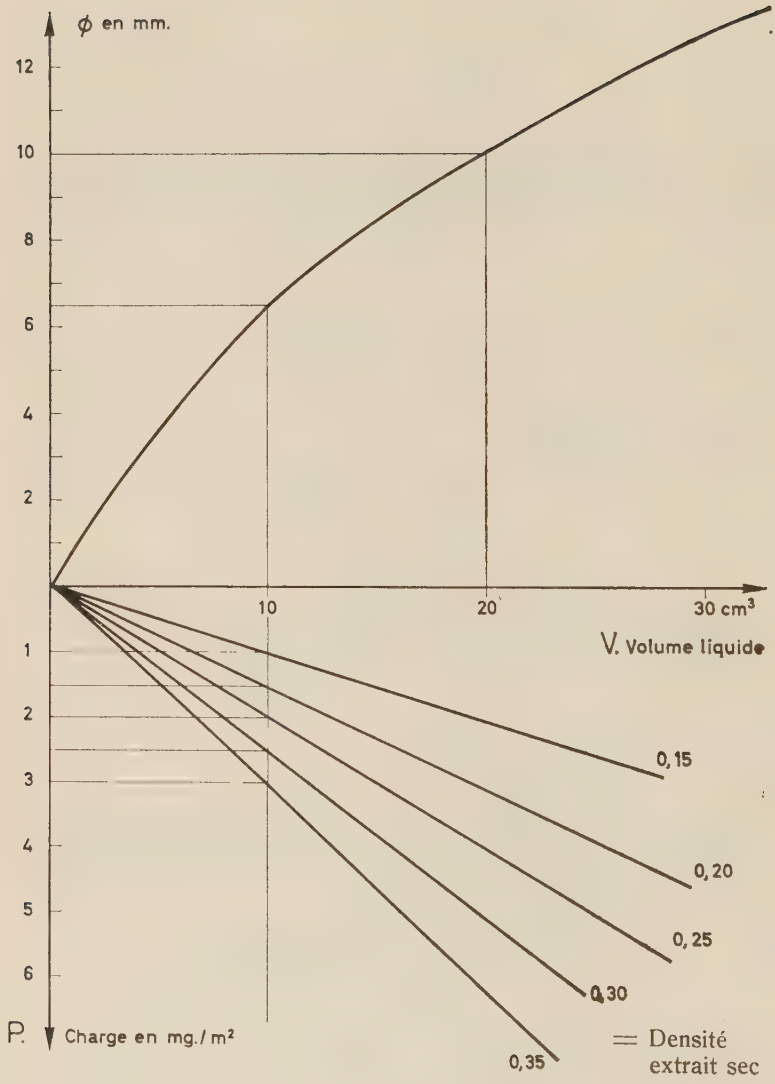
V × *d* (densité du vernis) → P en mg/m^2.

$\phi = X\ 4\ R \sqrt{v} \rightarrow V = \left[\frac{\phi}{X\ 4\ R}\right]^2$

$P = \left[\frac{\phi}{X\ 4\ R}\right]^2 \times d$

On détermine la charge en extrait sec en multipliant par un coefficient d'extrait sec :

$$C = Q \times d \times \left[\frac{\phi}{X\ 4\ R}\right]^2$$


ϕ en mm.
12
10
8
6
4
2
10
20
30 cm³
V. Volume liquide
1
2
3
4
5
6
P.
Charge en mg./m²
0,15
0,20
0,25
0,30
0,35
= Densité extrait sec

3) La *bonne étanchéité du vernis* est mise en évidence sur une feuille de fer-blanc nouvellement vernie.

La feuille est placée dans une solution de $CuSO_4$ et la présence de rayures dans le vernis est matérialisée par l'apparition d'un dépôt de cuivre rouge sur la rayure. Mais ce test reste grossier et ne peut mettre en évidence les porosités.

On utilise alors un test électrolytique à base d'une solution de sulfate de soude à 20 pour mille. La feuille joue le rôle de l'anode. L'intensité du courant est fonction du nombre de porosités, la d.d.p. restant égale à 6 volts. Ce test démontre l'existence de micropores dans le vernis, mais ne peut les localiser. Pour cela, il suffit d'inverser le sens du courant pour que la feuille vernie devienne la cathode. Immédiatement apparaissent des bulles d'hydrogène au niveau des porosités.

Nous pouvons affirmer que l'utilisation des vernis est désormais au point et qu'elle se généralise du fait des résultats positifs qu'ils apportent dans la bonne conservation des aliments.

Les feuilles de fer-blanc, vernies ou non, vont alors subir d'importantes agressions mécaniques lors du formage de la boîte.

TROISIEME PARTIE

•

LA FABRICATION DE LA BOITE

La boîte de conserve en fer-blanc est formée d'un fût appelé « corps » et de deux fonds. Ces derniers sont sertis au corps après application d'un joint.

Les différents types de boîtes

On peut regrouper les boîtes de conserves en trois grandes catégories qui sont, classées par ordre d'importance :

— Les boîtes serties serties.
— Les boîtes à décollage.
— Les boîtes embouties.

• 1° La boîte sertie sertie est constituée d'un corps tubulaire ou non, obtenu par enroulement sur lui-même d'un flan de fer-blanc, dont les extrémités sont réunies suivant une génératrice avec interposition de soudure. Cet assemblage porte le nom de montage. Il existe plu-

sieurs types de montage qui font appel à des techniques différentes, mais le montage agrafé contresoudé est le plus utilisé. A chacune de ses extrémités, le tube est fermé par un fond, auquel il est fixé au moyen d'un agrafage périphérique dénommé sertissage.

a) La boîte à fonds ronds est de loin la plus fabriquée (75 pour cent de la production totale) car elle est la plus pratique et la moins coûteuse.

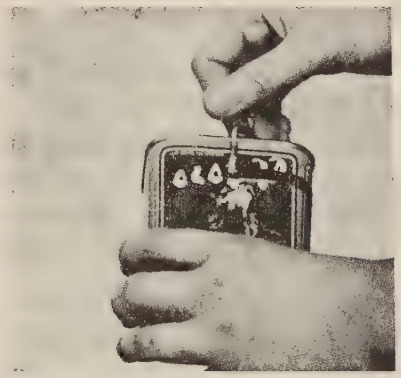
b) On applique le qualificatif de « forme » à tout ce qui n'est pas rond. En dehors des boîtes rondes, on trouve donc des boîtes de forme dont le fond, au lieu d'être circulaire, sera rectangulaire, ovale ou trapézoïdal.

Ces boîtes comportent deux fonds identiques et parallèles et leur forme géométrique est un prisme. Le choix du profil est déterminé par la forme du produit à conserver (jambon, volaille) et par la tradition.

Quelques boîtes de forme (jambon et pâté).

L'ouverture de ces boîtes de forme est difficile avec un ouvre-boîtes classique. Aussi elles comportent, pour la plupart, un amincissement. L'ouverture est alors pra-

tiquée à l'aide d'une clé, par déchirement sur tout le pourtour de la boîte d'une bande préalablement délimitée par deux lignes parallèles incisées sur le flan à l'aide de molettes couteaux.



Ouverture d'une boîte à amincissement.

c) Il existe une troisième catégorie de boîtes serties dans lesquelles les fonds, tout en ayant la même forme, n'ont pas les mêmes dimensions.

Avec des fonds ronds, nous obtenons des boîtes tronconiques (timbales de pâté) et, avec des fonds rectangulaires, nous obtenons des boîtes tronpyramidales (corned-beef). Les unes et les autres comporteront une ouverture à amincissement.

• 2° La boîte à décollage sertie se différencie de la boîte sertie sertie par le fait qu'un des deux fonds est soudé à plat à la bordure du corps.

Le couvercle comporte une languette sur laquelle vient s'accrocher une clé dont la rotation assure l'ouverture par décollement.

Le soudage du fond nécessite un personnel qualifié, nombreux, et un équipement approprié et onéreux; il empêche l'automatisation de la fabrication.

La boîte, après remplissage, sera fermée à l'aide d'un couvercle serti normalement.

C'est un emballage de conception essentiellement latine, bien adapté au conditionnement des pâtés, poissons à l'huile.

• 3° La boîte emboutie comporte seulement deux pièces : le fond et le corps. L'économie de soudure, la réduction du nombre de passes de fabrication et du coût de la main-d'œvre ne peuvent compenser un certain nombre de difficultés majeures, qui rendent quelque peu illusoire l'intérêt que présente cette technique.

L'emboutissage du fer-blanc nécessite d'abord des aciers spéciaux dont le prix de revient est nettement plus élevé. Ensuite, il s'accompagne de déchirures du métal difficiles à déceler. Enfin, il nuit à l'intégrité du revêtement de l'étain.

Comme les procédés de fabrication des boîtes serties serties et des boîtes à décollage sont à peu près identiques, nous allons décrire les méthodes de fabrication de la boîte ronde sertie sertie et la nature des nombreux contrôles de qualité pratiqués au cours et en fin de fabrication.

La méthode de fabrication

Les boîtes sont fabriquées sur des machines automatiques dont les cadences de production atteignent 400 à 800 boîtes à la minute. Ces machines ne peuvent produire que des boîtes rondes, les autres formats exigeant plus fréquemment la main de l'homme.

QUELQUES FORMATS DE BOITES RONDES
NORMES « AFNOR »

	Dénominations des formats « Afnor » de boîtes								
Volume (ml)..	71	85	106	142	212	425	850	1700	4250
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ϕ 55 mm...	1/2		1/88	1/6 haute	1/4 haute				
ϕ 71,5 mm...		1/10 basse		1/6 basse	1/4 moy.	1/2 haute			
ϕ 86 mm...					1/4 basse	1/2 moy.			
ϕ 100 mm...						1/2 basse	1 1	2 1	
ϕ 125 mm...							1 1 basse	2 1	
ϕ 153 mm...									5 1

a) *Le corps*

Les lignes de fabrication du corps, appelées « trains », sont constituées par un ensemble de machines automatiques reliées entre elles par des élévateurs et des transporteurs qui assurent l'harmonisation des cadences de production.

La fabrication du corps débute par un cisaillage des feuilles de fer-blanc en éléments rectangulaires, appelés « flans », adaptés au format de la boîte. Ceux-ci, après assouplissement, sont échancrés et incisés légèrement sur les deux bords, qui doivent être opposés pour préparer leur agrafage. Ensuite, ils sont enroulés autour d'une « bigorne » de format correspondant et agrafés par

déformation centrifuge de celle-ci. Un marteau vient alors écraser l'agrafe.

Le cylindre agrafé se déplace le long d'un rouleau qui frôle la surface d'un bain de soudure de plomb contenant 2 pour cent d'étain et porté à une température variant de 370 à 385 °C.

L'opération du contresoudage se pratique à l'aide d'un cylindre d'acier qui, tournant sur lui-même dans le bain, projette la soudure au niveau de l'agrafe et la fait pénétrer dans celle-ci.

Après refroidissement à l'air ambiant, les deux bords du corps sont légèrement repliés vers l'extérieur pour former la bordure nécessaire au sertissage avec le fond.

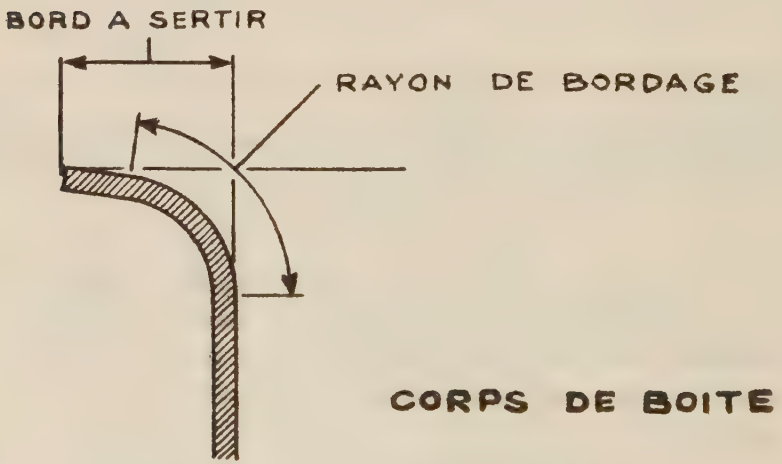


Fig. 1.

Aux deux extrémités du fût, l'agrafage contresoudage est remplacé par la pastille, simple soudage à plat, dont

le rôle est d'éviter la surépaisseur du sertissage à cet endroit.

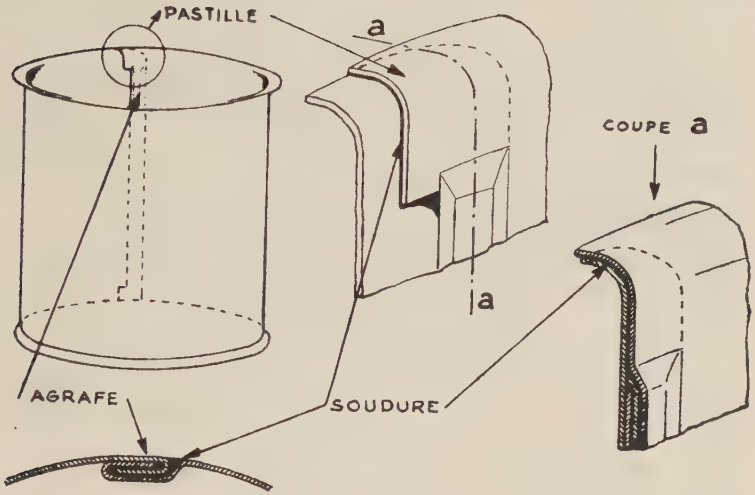


Fig. 2.

L'agrafage contresoudage peut être suivi du rechampissage. Il consiste à pulvériser, à l'aide d'une buse baladeuse, du vernis au niveau de la soudure afin de compenser les brisures du vernis consécutives, soit au timbrage de l'agrafe, soit à sa carbonisation, localisée après le contresoudage.

b) *Le fond*

Le fond est formé par emboutissage : une presse vient le découper et le former par pression dans les feuilles de fer-blanc.

Le fond est circulaire et possède des lignes de résis-

tance aux pressions sous forme de « gradins » et de « joncs » concentriques. Il possède un ourlet périphérique qui sera utilisé pour le sertissage.

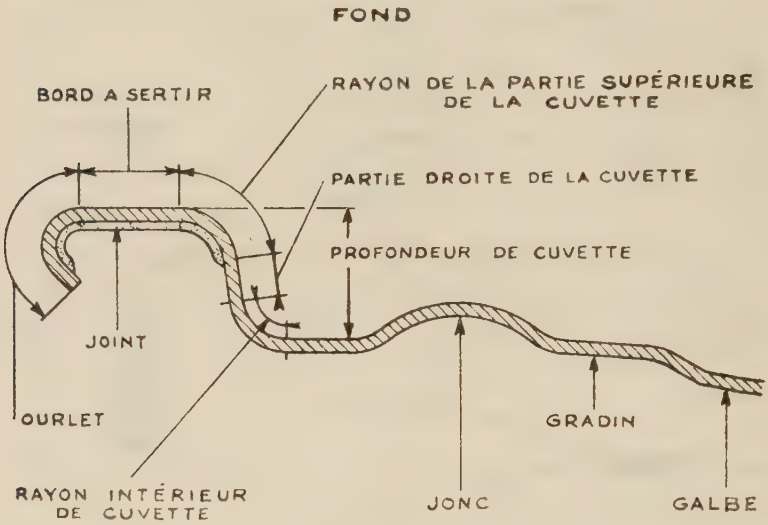


Fig. 3.

Les rayures et les porosités apparaissent au niveau des zones les plus embouties, c'est-à-dire les joncs et les gradins. Cela explique l'intérêt d'un double vernissage des fonds, d'abord avec un vernis époxy-phénolique chimiorésistant, ensuite avec un vernis vinylique élastique.

Les fonds, pour être sertis de manière étanche aux corps, sont jointés, c'est-à-dire qu'un joint caoutchouc est pulvérisé dans la cavité de l'ourlet.

c) *Le joint*

Le joint comprend plusieurs éléments naturels :

— d'abord du caoutchouc, qui est un carbure polyéthylénique polymère monodimensionnel de l'isoprène;

— ensuite, un plastifiant, formé par un mélange d'acides gras et d'asphalte, qui facilite le mélange des charges, lesquelles, sous forme de « carbon black », kaolin, carbonate de magnésium, améliorent les propriétés physiques du joint;

— enfin, un accélérateur de vulcanisation, comme la litharge ou les dérivés d'amines de thiazoles; celui-ci est mélangé à un anti-oxygène, comme le β naphtylamine, qui évite le durcissement et le fendillement.

Les fonds, après dépose du joint liquide par pulvérisation, sont placés dans une étuve à une température $\leqslant 90$ °C pour être séchés, tout en conservant une certaine élasticité.

Les corps d'une part, les fonds de l'autre sont alors sertis ensemble.

d) *Le sertissage*

C'est une opération effectuée à la presse et au tour, qui consiste à rabattre le bord du fond contre le rebord du corps pour les fixer l'un à l'autre; l'étanchéité de l'assemblage est assurée par le joint en caoutchouc.

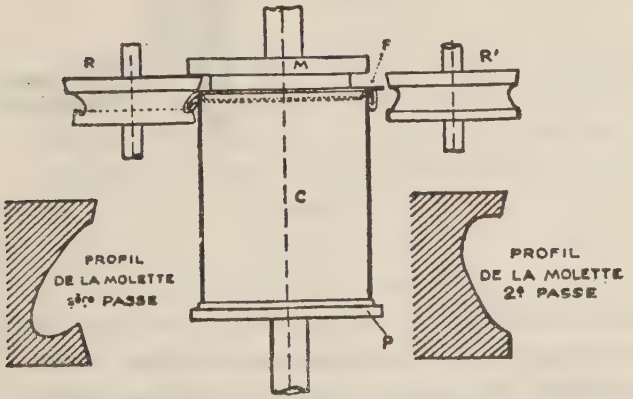


Fig. 4.

La molette utilisée pour la première passe enroule sur eux-mêmes les deux bords, puis la molette de la deuxième passe les resserre. Les deux passes doivent être convenablement pratiquées, de manière à présenter un serti parfaitement étanche aux gaz, liquides et micro-organismes.

Roulé normal : première passe.

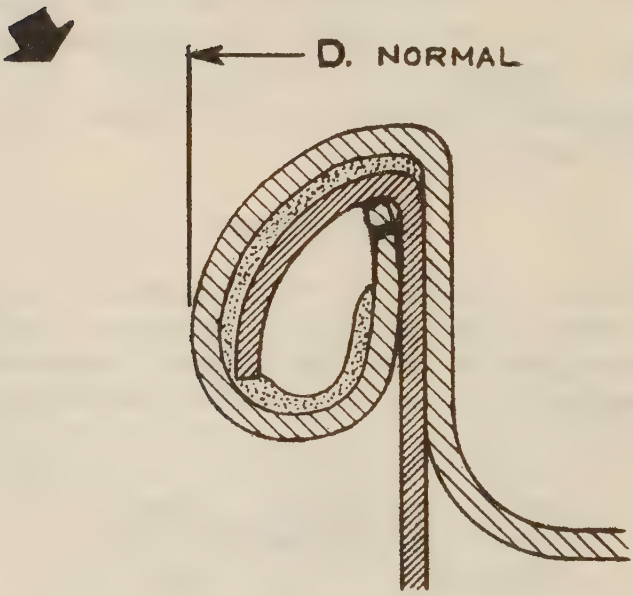


Fig. 5.

Nous remarquons sur le schéma les positions respectives bien définies des crochets de fond et de corps et l'existence du joint à certains niveaux bien précis du serti.

Serrage : deuxième passe.

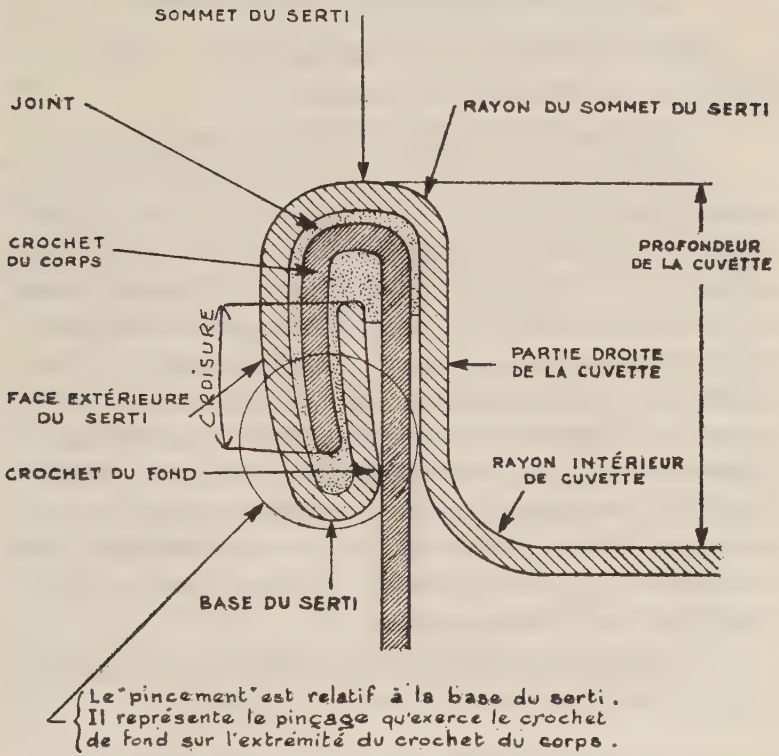


Fig. 6.

La boîte est alors livrée au client avec les couvercles destinés à la fermeture de la boîte après remplissage.

Ce bref aperçu de la fabrication permet de mieux comprendre les modalités des contrôles.

Le contrôle

Un contrôle est pratiqué en cours de fabrication, puis il est complété par un contrôle final particulièrement sévère.

A. *Le contrôle en cours de fabrication*

Basé sur plusieurs types de mesures, il permet de régler continuellement les machines :

1° Les mesures dites « dimensionnelles » utilisent des critères dimensionnels ou visuels rapportés à une valeur nominale précise, le « standard », avec des tolérances maximales et minimales. Ces mesures, pratiquées à l'aide d'un palmer, sont effectuées aux différents postes de travail, le long de la ligne de fabrication automatique, sur des échantillons prélevés à tous les stades de fabrication et à intervalles réguliers. On mesure en particulier les dimensions de quelques flans échantillons, la largeur de réserve de soudage non vernie, les dimensions des échancrures et des incisions d'agrafage, tout cela pour éviter la fabrication de corps déformés ou présentant un désaffleurement ou possédant des vices d'agrafage et de contresoudage.

2° D'autres mesures servent à apprécier la qualité des soudures qui jouent un rôle primordial.

a) *Contrôle du contresoudage.*

Au niveau de l'agrafe du corps, il faut éviter, d'une part, un défaut de soudure, responsable d'une mauvaise étanchéité, d'autre part, un excès de soudure, qui provoquerait un contact toxique entre l'aliment conservé et la soudure débordant hors de l'agrafe.

Pour cela, il suffit de repérer visuellement, avant décorticage de l'agrafe, les plages de soudure ayant débordé hors de celle-ci et, après décorticage, les absences localisées de soudure au niveau des plis d'agrafage et des deux pastilles.

L'homogénéité de la soudure est également contrôlée, d'abord par la mesure de la température du bain de

soudure à l'entrée (370-375 °C), au milieu (375-380 °C) et à la sortie (380-385 °C), ensuite par la mesure du taux d'étain, à l'aide d'une sonde thermo-électrique trempée dans le bain.

Pour obtenir une meilleure adhérence de la soudure sur le fer-blanc, on utilise premièrement des taux d'étain voisins de 1 à 2 pour cent pour les fers étamés à chaud et les fers étamés électrolytiquement, avec un taux d'étain de 1 lb/bb, ensuite des taux d'étain voisins de 1,5 à 2,5 pour cent pour les autres étamages électrolytiques.

b) *Contrôle du rechampissage.*

L'opération du rechampissage est analysée scrupuleusement. Pour cela, un tube témoin en fer-blanc nu est rechampi au niveau de l'agrafe. Ensuite on cisaille, de part et d'autre de celle-ci, une bande large au total de 24 mm. On pèse cet échantillon, puis on décolle le vernis au méthyléthylcétone et l'on pèse de nouveau l'échantillon. La différence de poids indique le poids de vernis sec déposé sur la longueur de l'agrafe. On le ramène au mètre linéaire.

Pour une largeur du rechampi comprise entre 6 et 9 millimètres de part et d'autre de l'agrafe, il faut obtenir un poids de vernis compris entre 30 et 60 mg/m.

On apprécie enfin la bonne polymérisation du rechampi en observant l'absorption d'un colorant dans celui-ci. L'absorption indique une polymérisation insuffisante du rechampi et nécessite un meilleur réchauffage.

Quelques conserves exigent, à la place du rechampissage, un revernissage complet après formation de la boîte. Le contrôle de l'étanchéité des boîtes rechampies ou revernies est effectué en utilisant une solution électrolytique de phtalate de potassium, dont on remplit la boîte. Sous une d.d.p. constante de 6 volts, l'intensité

du courant passant de la boîte à une électrode baignant dans la solution doit être inférieure à 5 mA, pour démontrer l'absence de microfuites dans le vernis de la boîte.

3° Le contrôle le plus rigoureux est celui de l'étanchéité des sertis.

a) *Découpe en tranches.*

Le contrôle du sertissage se fait sur une boîte prélevée toutes les deux heures sur la chaîne de fabrication. Le fond de cette boîte est découpé en tranches : une tranche en plein serti, une tranche en pastille, une tranche au saut de molette (la molette de serrage subit un léger saut après son passage au niveau de la quadruple épaisseur du serti en pastille).

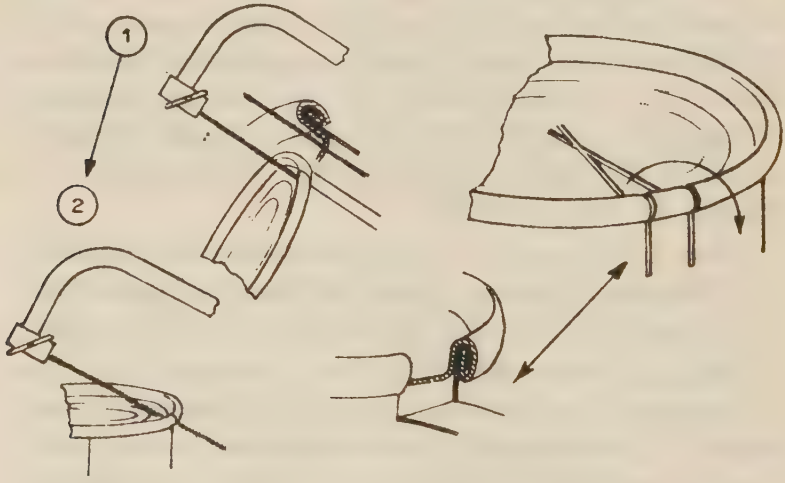


Fig. 7.

Ces découpages permettent de contrôler l'existence du joint entre les deux crochets et les bonnes dimensions de ces derniers. La croisure, en particulier, ne doit être ni trop courte, ce qui signe un serrage insuffisant

du serti, ni trop longue, ce qui traduit un roulé trop fort avec risques de brisures des crochets.

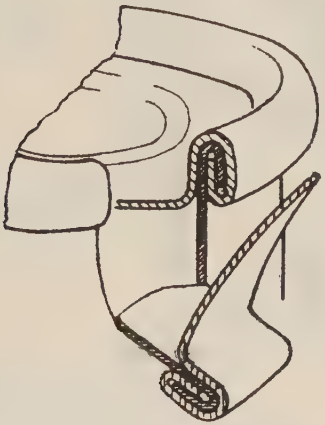


Fig. 8.

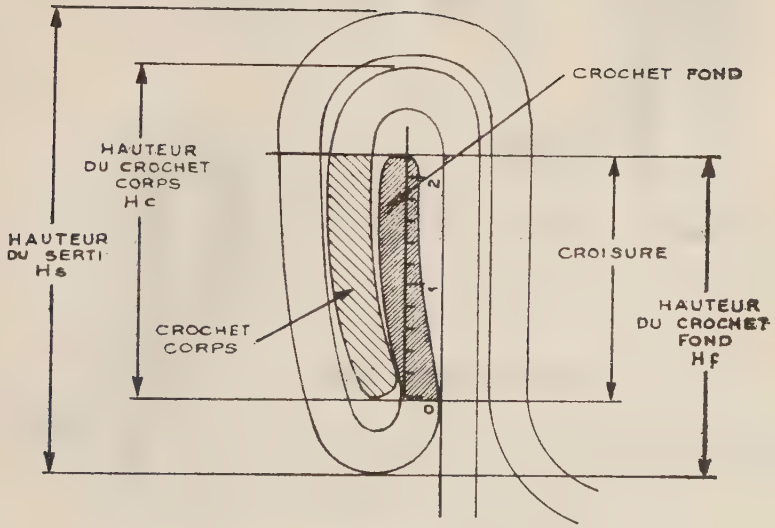
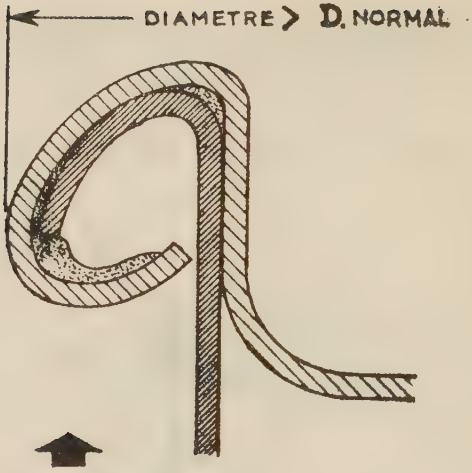


Fig. 9.



Roulé insuffisant.

Fig. 10.

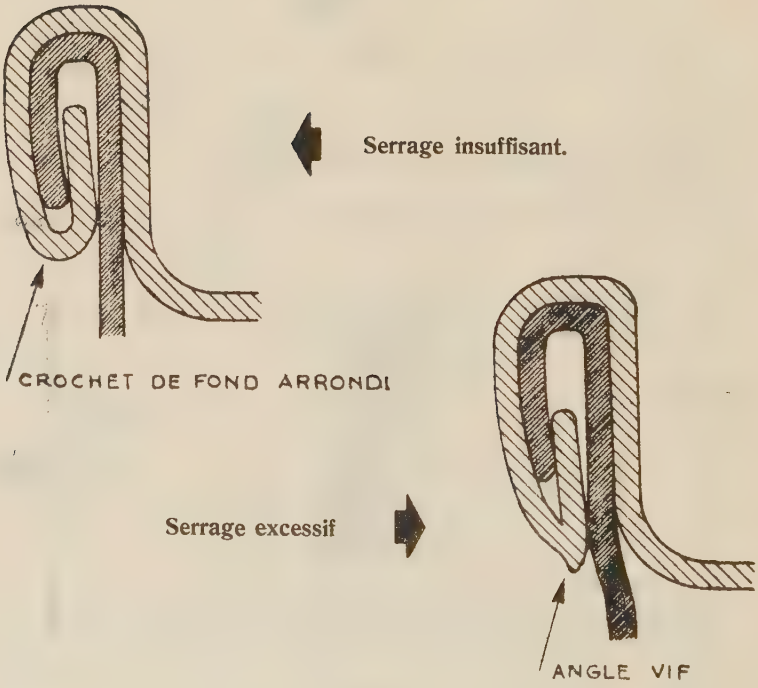
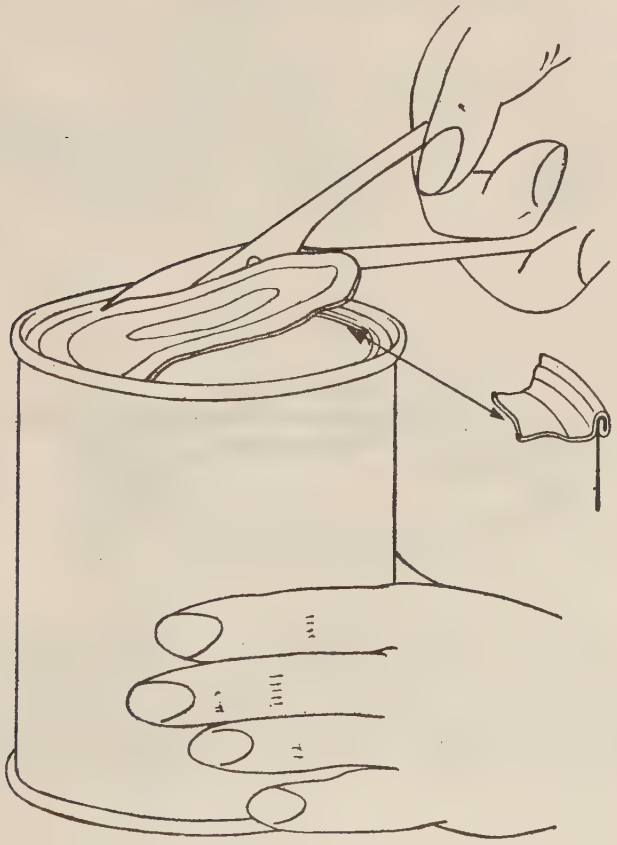


Fig. 12.

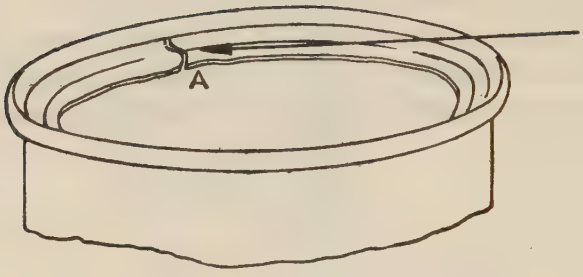
b) *Décorticage.*

On pratique également, à l'aide d'une pince, le décorticage du serti pour révéler les ondulations et les picots des crochets : ceux-ci indiquent, soit un galbe irrégulier de la bordure du corps et de l'ourlet du fond, soit un mauvais réglage de la passe de serrage au cours du sertissage.

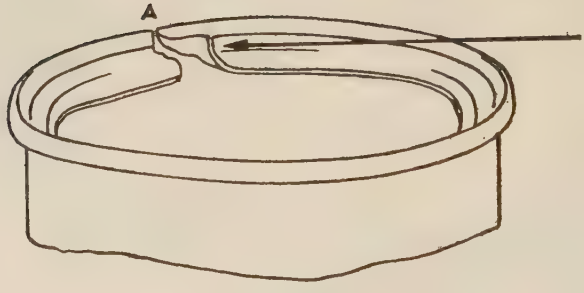


(1) A l'aide de la cisaille courbe, découper le fond sur toute sa périphérie, suivant la circonférence intérieure, à la base du jonc, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Fig. 13.



(2) Cisailler en un point quelconque la couronne restante sur toute sa largeur.

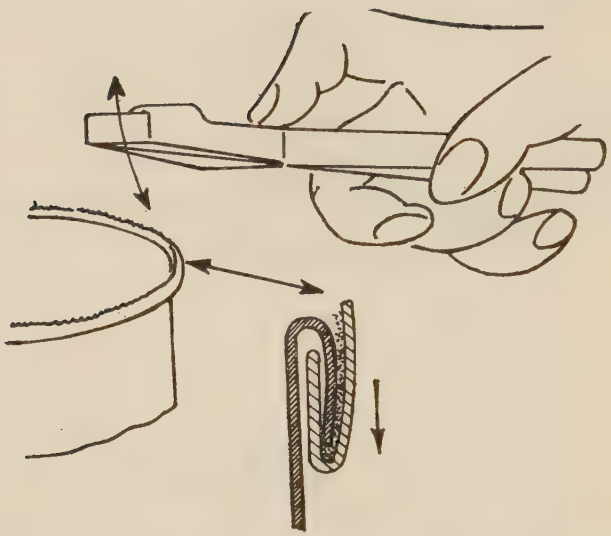


(3) Soulever, en la serrant par les bouts plats de la pince, l'extrémité A, en tirant vers le haut pour déchirer le métal sur toute la hauteur de la cuvette.

Fig. 14.

(4) Serrer cette languette A par les tranchants latéraux de la pince, puis, en faisant levier en prenant appui sur le corps, déchirer le métal au sommet du serti en tournant la pince par demi-tour environ, en progressant dans le sens des aiguilles d'une montre.

Fig. 15.



(5) Déboîter le crochet du fond en tapant de point en point avec le dos de la pince sur tout le pourtour de la tranche déchirée.

Fig. 16.

Fig. 17.

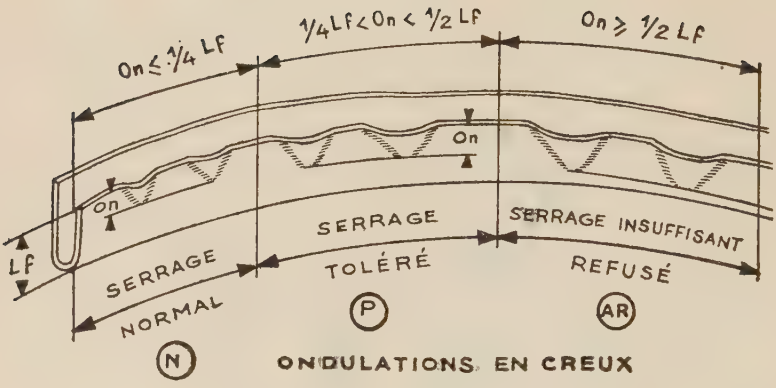

On ≤ 1/4 Lf
1/4 Lf < On < 1/2 Lf
On ≥ 1/2 Lf
On
on
Lf
SERRAGE
NORMAL
SERRAGE
TOLÉRÉ
SERRAGE INSUFFISANT
REFUSÉ
N
P
AR
ONDULATIONS EN CREUX

Fig. 18.

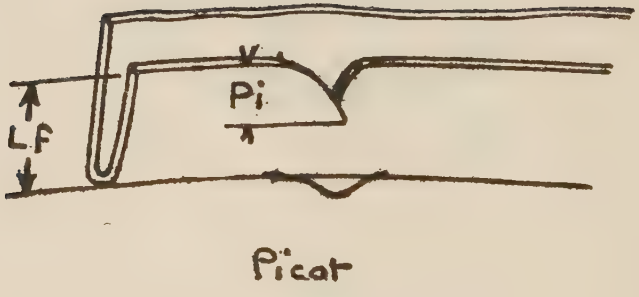

Lf
Pi
Picat

Fig. 19.

Les contrôles précédents permettent de régler continuellement les machines, de façon à diminuer l'ampleur des défauts de fabrication.

Les boîtes ainsi fabriquées ont toutes les chances de passer avec succès les ultimes tests réalisés en fin de fabrication et basés sur l'appréciation des critères de sécurité très exigeants. Ce n'est qu'après ces derniers tests que la commercialisation des lots de boîtes est permise ou refusée.

B. *Le contrôle final*

Au cours de cet ultime contrôle, on reconnaît trois types de défauts selon leur gravité :

Les défauts critiques.

Les défauts critiques rendent le produit inutilisable. Ce sont les fuites, les désaffleurements supérieurs à 0,5 mm, les boîtes déformées par chocs, les boîtes cassées, les pastilles entrebâillées, le mauvais contre-soudage, le serti insuffisamment serré.

Les défauts majeurs.

Les défauts majeurs entraînent une réclamation de la part du service de contôle pour « qualité douteuse »; mais, s'ils sont en nombre limité, ils ne compromettent pas l'usage du produit.

Ce sont les boîtes déformées encore sertissables, les contresoudages creux, les pastilles légèrement entrebâillées, les désaffleurements inférieurs à 0,5 mm, les sertis à défauts extérieurs comme les ondulations et les picots.

Les défauts mineurs.

Les défauts mineurs sont tolérés en deçà d'une certaine proportion.

Ils correspondent aux défauts précédents, mais plus légers. La mise en évidence de ces défauts utilise des méthodes de contrôle en partie déjà vues, mais avec des tests beaucoup plus sévères.

Méthodes du contrôle final

a) *Coupe des sertis et épaisseur de la soudure.*

La coupe des sertis et l'épaisseur de la soudure en pastille sont observées, de la même manière que précédemment, sur des échantillons de quatre boîtes prélevés à la sortie du train toutes les six minutes. Un excès de soudure en pastille, par exemple, entraîne une insuffisance de croisure du serti à ce niveau et un saut de molette élevé; ces défauts proviennent d'un serrage insuffisant de la deuxième passe du sertissage; c'est un défaut critique.

b) *Autoclavage.*

L'autoclavage de la boîte avec le produit à conserver peut être demandé par le client pour vérifier la solidité du montage, la bonne tenue des impressions extérieures, la résistance de la boîte non seulement à la pression de l'autoclave, mais aussi à la brusque décompression survenant au cours du refroidissement.

Les boîtes sont portées durant une heure et demie à la température de 120 °C, ce qui les maintient sous une pression de 1,2 atmosphère. Pour éviter la rétraction des boîtes à la sortie de l'autoclave, des fonds convexes sont désormais utilisés. Ils présentent l'avantage de compenser, par leur seule rétraction, la baisse de pression intérieure à la boîte.

En fait, en raison des contrôles déjà pratiqués au cours de la fabrication de la boîte en vue du réglage continuel des machines, ces tests du contrôle final sont rarement défavorables. On peut ainsi affirmer que le contrôle final essentiel est celui de l'étanchéité de la boîte.

c) *Contrôle d'étanchéité par introduction d'air sous pression.*

Le test d'étanchéité à la pompe 645.

Il est définitif et fondamental car il libère ou arrête à lui seul les lots de boîtes destinées à la commercialisation.

Ce test utilise une pompe qui injecte de l'air sous une pression de 1,2 kg/cm^2 dans une boîte placée dans une cuve à eau. L'existence de fuites est mise en évidence par l'apparition de bulles. On considère que si les bulles d'air se renouvellent avant douze secondes, cela traduit l'existence d'une microfuite dans la boîte; c'est donc un défaut critique.

Les boîtes fabriquées sont divisées en lots de trois mille unités environ, correspondant à six minutes de fabrication, qui est le temps nécessaire pour arrêter la fabrication lorqu'un défaut critique est observé à la pompe. Les quatre premières boîtes du lot en cours de fabrication subissent le test de la pompe à air sous pression. Si l'échantillonnage est mauvais, cela provoque l'arrêt de la fabrication et le contre-visitage du lot suspect.

Le contre-visitage est basé sur l'*Average Quality Level* ou A.Q.L. (niveau de qualité acceptable).

A.Q.L.	2 - 3 p. mille	pour défauts	critiques.
	6,5 - 12 p. mille	—	majeurs.
	12 - 22 p. mille	—	mineurs.

C'est-à-dire que les défauts critiques, majeurs et mineurs ne doivent pas dépasser les pourcentages correspondants pour lesquels ils entraînent l'élimination complète du lot de boîtes.

Ce principe est appliqué simplement à des prélèvements successifs de cinquante boîtes dans le lot de trois mille boîtes bloquées par le premier visitage. Lorsque, sur le premier prélèvement, sont observés deux défauts mineurs, ou un défaut majeur, ou enfin aucun défaut critique, le lot entier est livré à la commercialisation.

Au contraire, si l'on découvre sur ce prélèvement un défaut critique, ou deux défauts majeurs, ou enfin trois défauts mineurs, on effectue un second prélèvement de cinquante boîtes qui est contrôlé comme le précédent. Le lot complet est refusé si les quantités respectives de défauts observés sont supérieures à certaines valeurs limites.

IMP. MORIN - PARIS - CHARTRES - (6990) 1

CONTREVISITAGE
(SUIVANT F.I.C. 1.03.04 C et D)
DÉSIGNATION DES DÉFAUTS

DEGRÉ DE GRAVITÉ

CRITIQUE AQL : 2,2 à 3,2 %

MAJEUR AQL : 6 à 12 %

MINEUR AQL : 12 à 22 %

nombre de défauts cumulés

numéro du dernier prélèv' 1 2 3 4 5 6 7 8
nombre d'éléments prélevés 50 100 150 200 250 300 350 400

CRITIQUE : 0 1 2 3 + 3 — REFUS / ACCEPTER

MAJEUR : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 + 9 — REFUSER / ACCEPTER

MINEUR : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 + 15 — REFUSER / ACCEPTER

CONTROLE DES FABRICATIONS

USINE

DATE

HEURE

REPÈRE

LIGNE

FORMAT

ORDRE

DÉSIGNATION

CLIENT

QUANTITÉ RETENUE

CONTREVISITAGE provoqué par
- FABRICATION ☐
- SURVEILLANCE ☐
- CONTROLE ☐

DÉFAUTS | GRAVITÉ

OBSERVATIONS

DÉCISION
- ACCEPTER
- TRIER — A VUE ☐ POMPE ☐

Nombre de Boîtes réparées

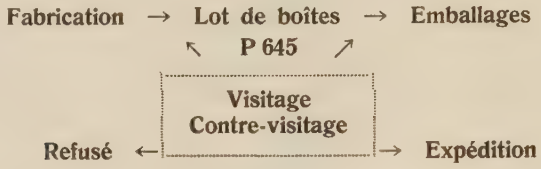
Nombre de Boîtes déchets

TRIAGE le | TEMPS

IMPUTATION
- FABRICATION ☐
- FER ☐
- IMPRESSION ☐

La feuille ci-contre explicite bien le test. Le lot refusé est alors trié boîte par boîte à la pompe 645.

Le test de la pompe à air sous pression préside donc à toutes les décisions concernant le blocage ou la livraison des lots de boîtes.



La fabrication de la boîte métallique obéit donc à des critères de qualité très rigoureux; mais, en plus, l'industriel doit tenir compte de la législation des emballages, dont le but est d'éviter l'emploi de matières premières toxiques.

Législation des emballages

Les matériaux entrant en contact direct avec des aliments ne doivent céder aucune substance susceptible d'en compromettre la qualité du point de vue hygiénique. Cette exigence est rendue encore plus sévère dans le cas des emballages métalliques, parce que le contact entre la boîte et l'aliment peut parfois se prolonger pendant plusieurs années.

Dans une boîte en fer-blanc, quatre composants sont à prendre en considération du point de vue toxicologique : le revêtement d'étain, les soudures, les joints d'étanchéité et le vernis.

L'étain et les soudures doivent être conformes à la définition de l'article 4 de l'arrêté du 28 juin 1912 (modifié le 5 juillet 1956).

1) *L'étain*

Il doit titrer au minimum 97 pour cent d'étain dosé à l'acide métastannique et ne pas renfermer plus de 0,5 pour cent de plomb et de 0,03 pour cent d'arsenic.

En fait, l'étain utilisé pour l'étamage satisfait toujours à ces normes.

De plus, l'étain est dissous par divers aliments acides et il est régulièrement présent dans les conserves à des doses pouvant atteindre plusieurs centaines de milligrammes par kilogramme. Jamais aucun effet toxique n'a été observé lors d'études effectuées à ce propos.

2) *Le plomb*

Présent dans les soudures en proportion élevée, il rend le cas de celles-ci moins simple. En effet, il n'existe pas de boîte soudée qui ne présente à l'intérieur une surface de soudure, aussi minime soit-elle. Cependant, les études effectuées ont montré que les petites surfaces de soudure exposées au contact du contenu de la boîte ne cèdent pas de plomb. Du reste, la plupart des tissus végétaux et animaux en contiennent à des doses non négligeables.

Aussi la loi permet-elle, pour les soudures faites à l'extérieur des récipients, l'emploi d'alliages de plomb et d'étain, à condition que la pénétration de ces alliages plombifères à l'intérieur desdits récipients ne soit qu'accidentelle.

3) *Les joints d'étanchéité et les vernis*

De nombreux amendements ont été apportés à la loi étant donné l'immense développement de cette industrie.

La loi autorise les résines naturelles ou synthétiques à hauts polymères insolubles et inactifs envers les

matières alimentaires, et les solvants à point d'ébullition inférieur à 150 °C et qui doivent être complètement éliminés dans le produit fini.

De plus, l'oxyde de zinc est autorisé pour les vernis antisoufre. Dans le cadre de la loi du 1er août 1905, tous ces composants doivent être nommément autorisés après avis du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France et de l'Académie nationale de Médecine. Par ailleurs, en 1958, la législation des États-Unis d'Amérique a fait obligation à l'industrie d'apporter la preuve que les matériaux placés au contact des aliments ne cédaient à ceux-ci aucune substance susceptible de nuire à leur qualité du point de vue toxicologique.

Des méthodes permettant d'évaluer la quantité de substance cédée par les vernis aux divers aliments ont été mises au point par la « Food and Drug Administration ».

Elle utilise les milieux suivants qui représentent la plupart des aliments :

1° Eau distillée.

2° Solution de chlorure de sodium à 1 pour cent.

3° Solution de chlorure de sodium à 1 pour cent additionnée de 20 pour cent de lard.

4° Solution citrique à 1 pour cent (pH = 3,5) additionnée de 10 pour cent de saccharose.

5° Lard ou huile.

A la suite de cette nouvelle disposition légale américaine, la totalité des vernis utilisés en France sont choisis parmi ceux qui sont également autorisés aux États-Unis, afin de ne pas compromettre, le cas échéant, les possibilités d'exportation des conserves vers ce pays.

Ce qui précède illustre bien la prudence extrême manifestée à l'égard des matériaux nouveaux, mais aussi

le souci de ne pas s'opposer pour autant aux progrès techniques.

Un problème important se pose alors à l'industrie de la conserve, c'est la diversité des produits à conserver. On doit alors considérer tous les éléments de fabrication de la boîte (acier, passivation, type de fond) et, en fonction de ceux-ci, définir la meilleure boîte pour un aliment donné

QUATRIEME PARTIE

•

CHOIX DE LA BOITE EN FONCTION DE LA CATÉGORIE DE L'ALIMENT

Il y a une vingtaine d'années, le problème consistait surtout à déterminer quel type de boîte convenait le mieux à la mise en conserve d'un produit donné; cela était relativement simple car le choix était limité.

Le fer-blanc était fabriqué à peu près de la même façon partout : acier Martin effervescent ou calmé, laminage à chaud des lingots, pas de laminage à froid, étamage au trempé à chaud à deux ou trois taux différents, un seul genre de vernis à base d'oléo-résineux.

Les alternatives possibles étaient alors peu nombreuses et elles étaient loin de représenter la perfection. Il était normal que l'on cherchât à améliorer les caractères du fer-blanc et des boîtes, de manière à pouvoir répondre à des exigences nouvelles.

1° Étude des variables intervenant dans le choix de la boîte

a) *L'acier*

L'introduction du laminage à froid a permis la fabrication d'aciers plus raides présentant des propriétés particulières de résistance aux produits agressifs et se prêtant à des emboutissages profonds.

b) *L'étamage*

L'étamage électrolytique a pratiquement remplacé l'étamage au trempage à chaud. La souplesse et la précision de celui-là ont conduit à la préparation de fers étamés à des taux différents, ce qui augmente encore le nombre de variables.

c) *Le vernis*

L'apparition des vernis organiques à hauts polymères ainsi que le perfectionnement des méthodes de vernissage ont permis une adaptation presque parfaite des vernis aux produits conservés.

d) *Les aliments*

Nous en arrivons ainsi à la dernière variable qui est le classement des divers produits d'après leur comportement vis-à-vis du fer-blanc.

Nous pouvons distinguer d'abord les produits peu agressifs, ensuite ceux qui sont agressifs parce que acides et corrosifs, enfin ceux qui sont relativement peu acides, mais qui attaquent le fer-blanc en formant des sulfures d'étain et de fer.

Il est certain qu'une distinction nette n'est pas toujours possible et que certains produits pourront se trouver à cheval sur deux catégories.

A l'intérieur de chacune des catégories, nous distinguons les produits qui supportent le contact avec l'étain et même en tirent avantage, et ceux qui ne le supportent pas et qu'il est préférable d'isoler.

Le tableau se présente donc ainsi :

I. *Produits peu agressifs :*

A. Qui supportent le contact avec l'étain et en sont améliorés.
B. Auxquels il faut éviter le contact avec l'étain.
C. Qui peuvent demeurer en contact avec l'étain, mais qu'il est préférable d'isoler.

II. *Produits acides, agressifs par corrosion :*

A. Qui admettent le contact avec l'étain.
B. Qui ne tolèrent pas le contact avec l'étain.

III. *Produits peu acides, agressifs surtout par sulfuration :*

A. Qui admettent le contact avec l'étain.
B. Qui supportent mal ou ne supportent pas le contact avec l'étain.

En fonction de toutes ces variables, on a établi un *guide pour le choix des boîtes* en fonction des produits alimentaires :

Catégorie I.

Groupe A. — Ce sont des produits acides (abricots, jus de pamplemousse) ou peu acides (haricots verts, artichauts), ne donnant pas de sulfuration, et pour lesquels le contact avec l'étain est à conseiller, soit pour son action réductrice qui protège le produit de

l'oxydation et préserve sa couleur et sa saveur, soit pour son action électrochimique qui protège l'acier et évite une corrosion rapide.

Par conséquent, on peut employer, soit des boîtes non vernies, soit des boîtes à corps nu et fonds vernis.

Groupe B. — Ce sont des produits qui seraient corrosifs s'ils ne se trouvaient pas sous un état physique particulier (jus concentrés de fruits, confitures de fruits rouges ou bleus, saucisses à l'huile, œufs congelés, certains fruits secs : pruneaux, olives). Il est possible de les conditionner dans des boîtes simplement vernies.

Groupe C. — Il s'agit de produits pour lesquels le souci de présentation commerciale (éviter les taches sur le métal) exige l'emploi de boîtes vernies ou au moins munies de fonds vernis (confitures des fruits autres que rouges et bleus, choux-fleurs acidifiées, haricots à la tomate, langoustes à l'armoricaine, hareng à la tomate et à l'huile, pilchards à la tomate, thon à l'huile, bacon, rillettes).

Catégorie II.

Groupe A. — Ce sont les produits acides agressifs (pommes, poissons en sauce vinaigrée) que l'on conserve généralement en boîtes dont le corps est en fer-blanc non verni et étamé à chaud. On utilise des aciers moins raides (anchois, hareng à la marinade, choucroutes garnies).

Groupe B. — Ce sont les produits les plus difficiles à conserver du point de vue de la corosion. La boîte vernie est indispensable, soit pour préserver la couleur (griottes au sirop, cassis), soit en raison de l'agressivité (légumes au vinaigre). On a recours à des boîtes revernies par pulvérisation après fabrication, ou bien rechampies le long de l'agrafe.

Catégorie III.

Groupe A (bouillabaisse, chinchard, colin, soupe de poissons, thon à l'huile, bœuf assaisonné, bœuf bourguignon, foie gras). — Ce sont les produits peu acides, riches en protéines et qui libèrent de l'hydrogène sulfuré lors de la stérilisation (petits pois, thon à l'huile), mais chez lesquels la sulfuration ne constitue qu'un défaut d'aspect pouvant être considéré comme acceptable. On utilise des boîtes à fonds revêtus d'un vernis antisoufre, sans oublier que la solution III B est préférable.

Groupe B. — Ce sont des produits peu acides, mais donnant une forte sulfuration qui dépare sérieusement le récipient et tache parfois le produit (tripes, crustacés, poissons riches en oxyde de triméthylamine, saucisses au naturel) ; on utilise dans ce cas des boîtes avec un vernis antisoufre.

Ainsi, le classement précédent offre un fil conducteur qui nous permet de mieux comprendre et mieux situer le problème, le fabricant de boîtes en fer-blanc pouvant alors conseiller utilement le conserveur.

Dans le cas particulier des conserves de denrées d'origine animale, les choix suivants peuvent être proposés :

— pour les viandes sous forme de pâtés, galantines, rillettes, viande en morceaux : il est conseillé d'utiliser des boîtes en fer-blanc verni intérieurement et étamé électrolytiquement à un taux d'étain au moins supérieur à la qualité 50;

— pour les choucroutes garnies, on utilise des boîtes dont le corps en fer-blanc nu est étamé à chaud et dont le fond verni est étamé électrolytiquement avec un taux égal à la qualité 50;

— quant aux poissons, cela varie avec les sauces : les poissons à l'huile nécessitent des boîtes en fer-blanc nu étamé électrolytiquement avec un taux égal à la qualité 100 ou bien, si le fond est verni, il est étamé avec une qualité 50. Les poissons à l'huile et tomate nécessitent un fer-blanc étamé électrolytiquement avec un taux égal à 50 et vernissage total.

Ces quelques exemples, extraits d'un livret édité par les Services de l'Intendance des Armées, nous démontrent la variété des types de boîtes utilisables en fonction des aliments conservés. De plus, l'accroissement de l'éventail des conserves alimentaires, ainsi que des critères de qualité hygiénique et sanitaire, exige des recherches continuelles dans l'amélioration de tous les éléments constitutifs de la boîte.

CONCLUSION

La boîte de conserve en fer-blanc, après une histoire étalée sur un siècle et demi, a pris sa véritable dimension avec l'apparition, durant la première moitié de notre siècle, de nouvelles méthodes de fabrication qui lui ont permis d'accaparer la quasi-totalité de la production des conserves alimentaires.

En effet, les progrès, d'une part métallurgiques et mécaniques au niveau de la fabrication du fer-blanc, d'autre part électrochimiques, chimiques et toxicologiques au niveau de la boîte métallique, ont permis à ce mode de conditionnement de prendre la place considérable que l'on sait.

Cependant, les travaux de recherche n'en sont pas abandonnés pour autant car il importe d'adapter sans cesse la boîte aux nécessités techniques, économiques et commerciales en constante évolution.

Cet effort incessant de recherche, mené avec des moyens puissants en hommes et en matériel, est sans doute le garant le plus sûr de son avenir.

Vu :
Le Professeur de l'Ecole vétérinaire
rapporteur,

Ch. LABIE.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole vétérinaire,
R. FLORIO.

Vu :
Le Président de la thèse,

G. ROUX.

Vu et permis d'imprimer :
Toulouse, le 21 avril 1972.
Le Président de l'Université Paul-Sabatier,
L. LARENG.

BIBLIOGRAPHIE

ALLOUF R., THOMAS G. — Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire, de l'Association française des Techniciens de l'alimentation animale et de l'Association française de Zootechnie, 1961, pp. 179-204.

BÉNILAN L. — Le fer-blanc en France et dans le monde. — Édité par la Chambre syndicale des Producteurs de fer-blanc et de fer noir. — Paris, 1971, 48 pages.

CHEFTEL H. — Le choix de la boîte en fonction du produit. (Communication personnelle.)

CHEFTEL H., MONVOISIN J. — La corrosion des boîtes de fer-blanc dans l'industrie de la conserve. — Bulletin n° 12 édité par le Laboratoire de recherche des Éts Carnaud - Basse-Indre, Boulogne-Billancourt, 1954, 101 pages.

LEFAUX R. — Emballages et conditionnements modernes. — Compagnie française d'édition, Paris, 1964.

LEROY F. — Les conserves. — Collection « Que sais-je ? », P.U.F., 1956, 121 pages.

N... — Revue destinée au personnel éditée par les Éts Carnaud-Basse-Indre, Boulogne-Billancourt. Éditions mars 1969; avril 1969; janvier 1970.

N... — Recommandations pour l'utilisation des boîtes métalliques. Édité par le Comité interprofessionnel de la conserve, 3, rue Logelbach, Paris (14e), 1965, 16 pages.

VIMAR J. — Petite Histoire illustrée du conditionnement. — Éditions Delpire, Paris, 1970, 76 pages.

IMPRIMERIE TOULOUSAINE (Vve LION) - 16, rue Lakanal - TOULOUSE
Dépôt légal 2e trim. 72, Aa 637